

4/2012
ROČNÍK 21

METROLOGIE

VĚDECKÁ
LEGÁLNÍ
PRAKTICKÁ



METROLOGIE V PRAXI

Mgr. Jan Geršl, Ph.D.
Měřidla rychlosti větru a jejich kalibrace.....2

Ing. Václav Hora
Ověření normality empirických dat7

Ing. Josef Vojtíšek
Odhad nejistoty měření při kalibraci teploměru
s dotykovou sondou.....11

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.
Organizace práce v laboratoři - 115

Ing. František Jelínek, CSc.
Stanovování kalibračních intervalů.....18

MEZINÁRODNÍ SPOLUPRÁCE

RNDr. Klára Popadičová
Oznamovací postup podle dohody WTO
o technických překážkách obchodu.....21

RNDr. Pavel Klenovský, Ing. Klára Vidimová, Ph.D.
14. Mezinárodní konference legální metrologie
a 47. zasedání CIML23

Ing. Zdeněk Tůma
Nabídka akcí ČMS na první
pololetí 201324

TECHNICKÁ NORMALIZACE

Bc. Patrik Vagel
Světový den technické normalizace25

STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ

Ing. Jan Černý
Nejistoty měření a vyhodnocování
shody se specifikací ve zkušební
laboratoři.....26

VĚDA A VÝZKUM

Ing. Petr Pánek CSc., Ing. Alexander Kuna, Ph.D.
Porovnávání vzdálených etalonů času a frekvence
podle metodiky CGGTTS.....30

INFORMACE

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.
Semináře a školení
Českého kalibračního sdružení v oblasti
elektrických veličin.....32

45. konference Českého kalibračního
sdružení36

PR

Rozhodčí soud poskytuje při řešení sporů
i mediaci38

Metrologické lázně a zkušební komory40

METROLOGY IN PRACTICE

Mgr. Jan Geršl, Ph.D.
Wind Speed Gauges and Their Calibration2

Ing. Václav Hora
Verification of Empirical Data Normality7

Ing. Josef Vojtíšek
Measurement Uncertainty Estimation in Calibrating
the Thermometer with a Contact Probe.....11

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.
Organisation of Work in the Laboratory – 115

Ing. František Jelínek, CSc.
Calibration Interval Determination18

INTERNATIONAL COOPERATION

RNDr. Klára Popadičová
Notification Procedure According to the WTO
Agreement on Technical Barriers to Trade.....21

RNDr. Pavel Klenovský, Ing. Klára Vidimová, Ph.D.
14th International Conference on Legal Metrology
and 47th Meeting of CIML23

Ing. Zdeněk Tůma
Events Offered by the Czech Metrological Society
for the 1st Half of 201324

TECHNICAL STANDARDISATION

Bc. Patrik Vagel
World Standards Day.....25

TESTING

Ing. Jan Černý
Measurement Uncertainties and Evaluation
of Compliance with Specification in a Testing
Laboratory26

SCIENCE AND RESEARCH

Ing. Petr Pánek CSc., Ing. Alexander Kuna, Ph.D.
Comparing Remote Time and Frequency Etalons
Using CGGTTS Methodology30

INFORMATION

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.
Seminars and Training Courses Provided By
the Czech Calibration Association in the Field
of Electric Quantities.....32

45th Conference of the Czech Calibration
Association.....36

PR

When Deciding on Disputes the Court of Arbitration
Will Provide Mediation, too.....38

Metrological Baths and Test Chambers.....40

MĚŘIDLA RYCHLOSTI VĚTRU A JEJICH KALIBRACE

Mgr. Jan Geršl, Ph.D.

Český metrologický institut

Úvod

Měřidla rychlosti vzduchu mají využití v různých oblastech lidských činností – v meteorologii, letectví, zajištění bezpečnosti na vysokých konstrukcích a budovách, bezpečnosti v dolech, pro kontrolu hygienických norem v klimatizovaných prostorech, kontrolu emisí z komínů, větrnou energetiku, vědu a výzkum a další. Pro zajištění metrologické návaznosti těchto měřidel v České republice byl na ČMI v Brně zbudován aerodynamický tunel s přesným laserovým etalonem rychlosti proudění vzduchu. V tomto článku uvádíme přehled typů měřidel rychlosti větru, přehled typů zařízení pro jejich kalibrace a jejich srovnání a představujeme novou anemometrickou laboratoř ČMI.

Typy anemometrů

Měřidla rychlosti větru pracují na různých principech. Nejpresnější měření v současnosti poskytuje laserová dopplerovská anemometrie (LDA), o které se podrobněji zmíníme ve zvláštním odstavci níže. Zde uvádíme základní typy anemometrů a některé jejich charakteristiky.

Určení rychlosti větru Prandtlovou trubicí je založeno na měření rozdílu tlaků Δp ve dvou komorách trubice, z nichž jedna je v kontaktu s proudícím vzduchem skrze čelní otvor, na který vzduch dopadá kolmo, a druhá skrze boční otvor, na který vzduch dopadá tečně. Dále jsou měřeny teplota, tlak a vlhkost vzduchu, což umožňuje vypočíst hustotu vzduchu ρ a rychlost proudění je pak dána jako

$$v = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (1)$$

Výhodou Prandtlových trubic je například jejich malý rozměr a slabá interakce měřidla s proudícím vzduchem. Přesnost (maximální chyba) komerčních Prandtlových trubic se pohybuje cca od 1 % MH (měřené hodnoty) výše a ne níže než cca 0,02 m/s.

Dalším typem jsou anemometry vrtulkové. Osa vrtulky je v tomto případě orientována podél směru měření rychlosti vzduchu. Rychlost vzduchu je určena na základě frekvence otáček vrtulky. Rozměry těchto typů anemometrů mohou být různé. Na trhu se nejběžněji vyskytují měřidla s průměrem vrtulky od 1 cm do 10 cm. Přesnost komerčně dostupných vrtulkových anemometrů uváděná výrobci se pohybuje cca od 1 % MH výše a ne níže než cca 0,02 m/s. Dolní rozsah rychlosti bývá omezen, protože při velmi nízkých rychlostech se již významným způsobem projevuje tření v ložiscích.

Termální anemometry obsahují část žhavenou elektrickým proudem (vlákno, film či kuličku), která je zároveň ochlazována proudem vzduchu. Ochlazování je tím větší, čím větší je rychlost proudění. Z elektrického proudu, při kterém je dosaženo rovnováhy ohřevu a ochlazování lze ur-

čit rychlost proudění vzduchu. Termální anemometry jsou vhodné pro nižší hodnoty rychlosti a většina výrobců u nich neuvádí dolní omezení rozsahu rychlosti. Další výhodou je rychlá odezva, která umožňuje měření v značně proměnlivém rychlostním poli. Přesnost komerčně dostupných měřidel tohoto typu se dle výrobců pohybuje cca od 3 % MH výše a ne níže než cca 0,015 m/s.

Dalším typem jsou anemometry miskové. Ty jsou hojně používány v meteorologii a obecně pro měření rychlosti větru ve venkovních podmínkách. Osa rotující části tohoto měřidla je umístěna kolmo na měřený proud vzduchu a její lopatky jsou tvořeny miskami, které kladou proudění různý odpor podle toho, z které strany proudění na misku dopadá. Miskové anemometry nejsou vhodné pro měření velmi nízkých rychlostí a dolní mez rozsahu bývá omezena. Uváděná přesnost komerčně dostupných měřidel tohoto typu se pohybuje cca od 2 % MH výše a ne níže než cca 0,2 m/s.

Ultrazvukové anemometry určují rychlost proudění vzduchu na základě měření doby šíření ultrazvukového signálu mezi vysílači a přijímači umístěnými ve vzdušném proudu. Díky odolné konstrukci bez pohyblivých částí se tento typ anemometrů rovněž často využívá pro venkovní měření. Podobně jako u termálních anemometrů je jejich výhodou rychlá odezva. Jejich velikost (typicky 10 cm – 20 cm) však neumožňuje velké prostorové rozlišení. Výrobci neuvádějí dolní mez rychlostního rozsahu a uváděná přesnost komerčně dostupných měřidel tohoto typu se pohybuje cca od 2 % MH výše a ne níže než cca 0,02 m/s.

Laserový dopplerovský anemometr

V národních metrologických ústavech a na vědeckých pracovištích se stále častěji používají laserové metody měření rychlosti proudění. Jednou z nejrozšířenějších a nejpresnějších optických metod je laserová dopplerovská anemometrie (LDA). Následující odstavec je věnován principu fungování LDA.

Systém LDA sestává z dvou laserových svazků, které se protínají v tzv. měřicím objemu pod úhlem Θ (**obr. 1**). Měřicí objem je vytvořen v oblasti, ve které chceme určit rychlost proudění tekutiny. Měření s užitím LDA předpokládá, že se v tekutině nacházejí částice, na kterých se laserové světlo může vhodně rozptylovat. V případě měření ve vzduchu to znamená, že proud je třeba zakuřovat. Jakmile částice kouře projde měřicím objemem LDA, laserové světlo se na ní rozptýlí a toto rozptýlené světlo je následně detekováno, signál z něj je zpracován a je z něj extrahována informace o rychlosti částice.

Existují dva přístupy, jak vyjádřit rychlost částice pomocí frekvence signálu od rozptýleného světla. V jednom přístupu uvažujeme rozptyl světla od obou svazků zvlášť a spočítáme dopplerovský posun frekvence rozptýleného světla od každého ze svazků a frekvenci výsledného signálu, který vznikne součtem intenzit elektrického pole rozptýleného světla od obou svazků. V druhém přístupu nejprve vyjádříme celkovou intenzitu elektrického pole v měřicím objemu, která je

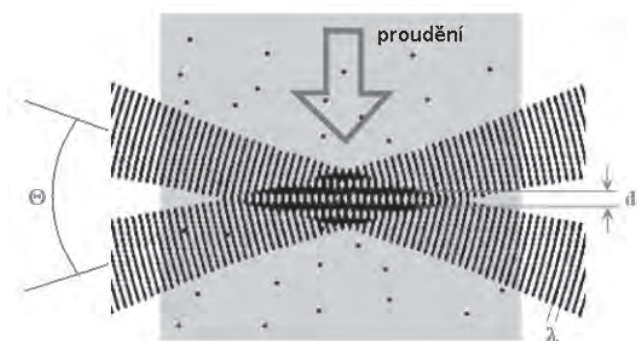
součtem intenzit od obou svazků a vytváří jistý interferenční vzor, a následně vyjádříme frekvenci kolísání intenzity světla rozptýleného částicí, která prolétá tímto interferenčním vzorem. Druhý přístup umožňuje poměrně rychlé intuitivní pochopení funkce LDA, proto jej zde stručně nastíníme.

Interferenční vzor v měřicím objemu LDA je znázorněn na **obr. 1**. Vzdálenost interferenčních rovin je dána vlnovou délkou laserového světla λ a úhlem, pod kterým se protínají laserové svazky. Za ideálních podmínek pro vzdálenost interferenčních rovin platí

$$d = \frac{\lambda}{2 \sin(\Theta/2)}. \quad (2)$$

Pohybuje-li se částice měřicím objemem LDA rychlostí, jejíž složku kolmou na interferenční roviny označíme u , pak doba průletu mezi dvěma rovinami je dána jako $T = d/u$. Frekvence kolísání signálu rozptýleného světla je tedy dána jako $f = 1/T = u/d$. Změříme-li frekvenci f , můžeme složku rychlosti částice u určit jako

$$u = \frac{\lambda}{2 \sin(\Theta/2)} f. \quad (3)$$



Obr. 1: Funkce LDA

Toto je základní vztah pro funkci LDA. Ze známé vlnové délky laserového světla, úhlu, který svírají laserové paprsky, a z měřené frekvence rozptýleného světla získáme jednu složku rychlosti částice.

Vzhledem k nehomogenitám v geometrii laserových svazků nemusí teoretický vzorec (2) platit zcela přesně v celém měřicím objemu LDA. Proto se přistupuje ke kalibraci vzdálenosti interferenčních rovin. K této kalibraci se používají simulátory prolétajících částic, u kterých je rychlost částice známa velmi přesně. Tyto simulátory jsou většinou realizovány rotujícím diskem s „částicí“ umístěnou na obvodu disku. Takovéto simulátory provozují např. v PTB nebo v NIST a v jiných metrologických institutech či firmách vyrábějících LDA.

Výhodou LDA je jeho bezkontaktnost – tj. že neovlivňuje proudění v měřené oblasti – a jeho přesnost. Rozšířená nejistota měření rychlosti pomocí LDA se může pohybovat okolo 0,2 %.

V publikacích [1, 2] lze najít další podrobnosti týkající se LDA jako např. funkci dvousložkového a třísložkového LDA, popis jednotlivých optických i elektronických kompo-

nent zařízení, způsob vyhodnocování dat a zdroje nepřesností, způsoby obohacování plynů částicemi pro měření s LDA, apod.

Různé přístupy ke kalibraci anemometru

Existují různá zařízení pro kalibraci anemometrů. Nejběžnější z nich lze rozdělit na dvě skupiny: aerodynamické tunely, ve kterých má zkoušené měřidlo pevnou pozici a je obtékáno pohybujícím se vzduchem o známé rychlosti, a tažné tratě, ve kterých je zkoušené měřidlo taženo klidným vzduchem definovanou rychlostí. Aerodynamické tunely lze rozdělit do dvou kategorií podle toho, zda se vzduch v tunelu pohybuje v uzavřené smyčce (uzavřený tunel, tunel typu Göttinger) nebo zda je nasáván stále nový vzduch z okolí (otevřený tunel, tunel typu Eiffel). Další charakteristikou aerodynamických tunelů je provedení jejich měřicího prostoru. Ten může být buď ohraničený tak, že odděluje měřidlo od okolí (uzavřený měřicí prostor) nebo může být neohraňovaný, v kontaktu s okolním vzduchem (otevřený měřicí prostor). Nyní se o jednotlivých typech zařízení zmíníme podrobněji.

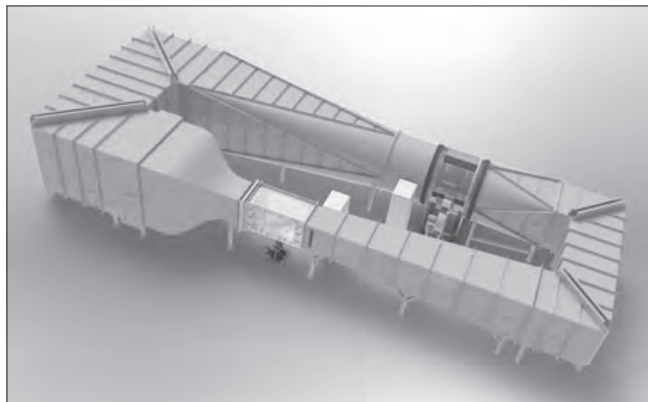
Uzavřený tunel s otevřeným měřicím prostorem je provozován např. v Českém metrologickém institutu v Brně, v německém metrologickém institutu (PTB) v Braunschweigu, v Českém hydrometeorologickém ústavu v Praze a jinde. Příklad geometrického uspořádání tunelu lze vidět na **obr. 5**.

Uzavřený tunel s uzavřeným měřicím prostorem je provozován např. ve francouzské laboratoři CETIAT v Lyonu, v Národním institutu pro standardizaci a technologii (NIST) v USA (Gaithersburg), v italském metrologickém institutu (INRiM) v Turíně a jinde. Příklad tunelu s uzavřeným měřicím prostorem je znázorněn na **obr. 2**.

Uzavřený tunel má oproti tunelu otevřenému menší spotřebu energie, protože jakmile se vzduch v uzavřeném okruhu dá do pohybu, je třeba pouze udržovat jeho rychlost a nikoli uvádět do pohybu vzduch nový. Při měření LDA rovněž umožňuje menší spotřebu kouře, který v tunelu cirkuluje spolu se vzduchem. Uzavřené tunely bývají větší než tunely otevřené. Samotný tunel tedy zabere více místa, na druhou stranu však otevřené tunely mohou mít zvýšené prostorové nároky, jelikož vzduch z nich vychází s danou rychlostí do místnosti, což je např. při rychlostech 50 m/s třeba zohlednit. Nevýhodou uzavřeného tunelu může být rostoucí teplota vzduchu uvnitř tunelu během měření zejména při vysokých rychlostech. Z tohoto důvodu jsou některé uzavřené tunely vybaveny chlazením.

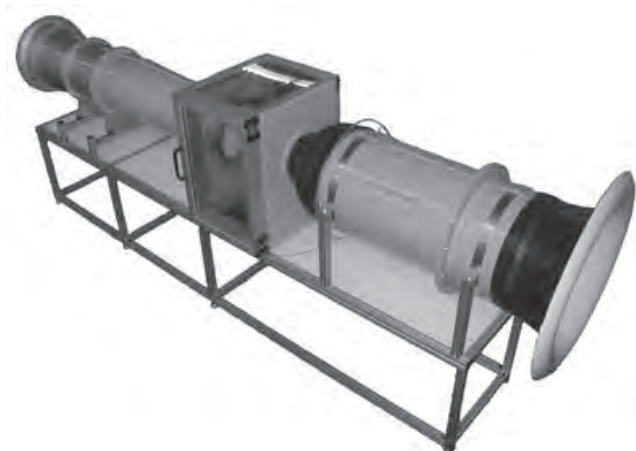
Výhodou uzavřeného měřicího prostoru oproti otevřenému je lepší ochrana proti pohybům okolního vzduchu, což má význam zejména při kalibracích za velmi nízkých rychlostí. Nevýhodou oproti otevřenému měřicímu prostoru je, že vzduch obtékající zkoušené měřidlo má méně prostoru v okolí měřidla a dochází zde k většímu zrychlení obtékajícího vzduchu (tzv. blokační jev). Významnost tohoto jevu roste s rostoucí velikostí zkoušeného měřidla. Maximální velikost zkoušených měřidel tedy bývá pro uzavřený měřicí prostor nižší než pro měřicí prostor otevřený. Blokační jev lze korigovat příslušným výpočtem [3]. Další výhodou ote-

vřeného prostoru je, že při měření LDA neprochází laserový svazek žádnou optickou překážkou. V případě uzavřeného prostoru je při měření pomocí LDA třeba mít stěny ze skla s vysokou kvalitou rovinnosti a paralelnosti nebo vytvořit ve stěně otvory, kudy svazky mohou procházet.



Obr. 2: Uzavřený tunel s uzavřeným měřicím prostorem (www.aerolab.com)

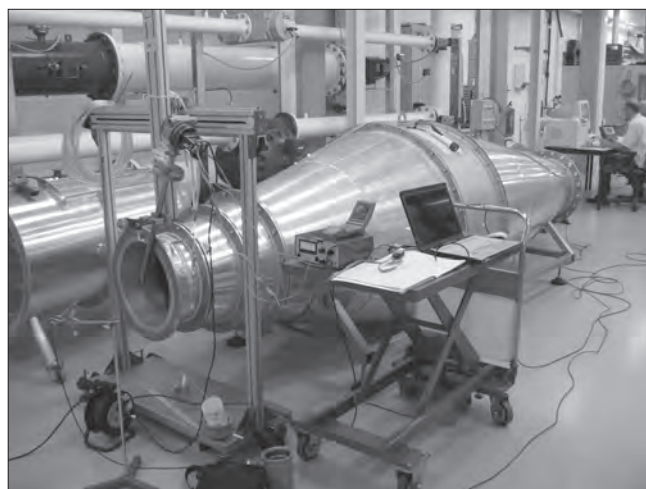
Otevřený tunel s uzavřeným měřicím prostorem je provozován např. v italském institutu INRiM, ve Slovenském hydrometeorologickém ústavu v Bratislavě, ve Vědecko výzkumném uhelném ústavu (VVUÚ) v Ostravě, v Dánském technologickém institutu (DTI) v Aarhusu a jinde. Tunel je znázorněn na **obr. 3**. Výhodou tohoto typu tunelu oproti tunelu uzavřenému je zejména jeho cena.



Obr. 3: Otevřený tunel s uzavřeným měřicím prostorem (www.westenberg-engineering.de)

Otevřený tunel s otevřeným měřicím prostorem je provozován např. v Holandském metrologickém institutu (VSL) v Delftu, v ruském metrologickém institutu (VNIIM) v Petrohradě a jinde. Tunel je znázorněn na **obr. 4**. V podstatě jde o to, že vzduchu je udělena požadovaná rychlost, proud pak projde přes přípravek (voštiny, síta, kontrakční dýza), který zvyšuje homogenitu a snižuje turbulenci proudění, a dále pokračuje do otevřeného prostoru. Zkoušené měřidlo se umísťuje do roviny výstupního otvoru. Jako etalon rychlosti zde může sloužit přesný anemometr umístěný u výstupního

otvoru nebo může být tunel napojen na potrubí s etalonem průtoku a referenční rychlost se pak dopočítává ze známé plochy výstupního otvoru za předpokladu homogenity proudění. Nevýhodou tohoto uspořádání je zřejmě interakce proudícího vzduchu s klidným vzduchem za výstupním otvorem tunelu.



Obr. 4: Aerodynamický tunel VSL

Tažné tratě pro kalibrace anemometrů jsou provozovány např. v italské laboratoři INRiM, v dánské laboratoři DTI a jinde. Zkoušené měřidlo se v tomto případě táhne přesně určenou rychlostí klidným vzduchem. Tažné tratě se používají zejména pro kalibrace anemometrů v oblasti nízkých rychlostí proudění (např. v DTI pro 0,05 m/s až 0,7 m/s). Tato zařízení lze realizovat různým způsobem. Zařízení DTI je například tvořeno rovným válcovým tubusem o průměru cca 50 cm. Na horní straně tubusu je drážka, kterou prochází držák spojující zkoušené měřidlo s vozíkem, který se pohybuje přímočaře po kolejnici nad tubusem. Za referenční hodnotu rychlosti proudění vzduchu se považuje průměrná rychlost vozíku mezi dvěma optickými závorami, které jsou v přesně změřené vzdálenosti od sebe (v případě DTI cca 6 m). Měří se doba průchodu vozíku mezi těmito optickými závorami. Rychlost vozíku lze určit např. i průběžným měřením polohy vozíku v závislosti na čase pomocí odvalujícího se kotouče s velmi jemným měřením úhlu odvalení (INRiM) nebo pomocí optických metod. V INRiM používají rovněž rotační tažnou trať, kde je zkoušené měřidlo instalováno na konci otáčejícího se ramene, které se pohybuje s přesně měřenou úhlovou rychlostí. Výhodou rotačního způsobu měření je neomezená doba pohybu měřidla. Nevýhodou však je, že po první otáčce ramene je vzduch v okolí měřidla již zvržený. Tato metoda tedy funguje pouze po upravení referenční rychlosti empiricky zjištěnými korekcemi.

Nová anemometrická laboratoř ČMI

V České republice se kalibrace měřidel rychlosti větru dosud prováděly zejména na dvou pracovištích - na VVUÚ Ostrava a ČHMÚ Praha. Z důvodu rozšíření možností kalibrací i na anemometry svojí přesností srovnatelné s etalony výše zmíněných laboratoří (Prandtlovy trubice, termální

a vrtulkové anemometry) a na anemometry pro nízké rychlosti od 0,05 m/s vedení ČMI rozhodlo o zřízení nové laboratoře pro kalibrace anemometrů v areálu ČMI Brno. V květnu 2012 byla realizována první část laboratoře – aerodynamický tunel s LDA etalonem pro rozsah rychlostí (0,5 – 50) m/s. V roce 2013 bude tato laboratoř rozšířena o přímou tažnou trať pro kalibrace v rozsahu rychlostí (0,05 – 1) m/s.

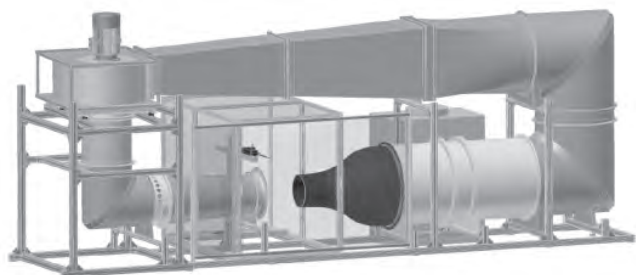
Dodavatelem aerodynamického tunelu ČMI je německá firma Westenberg Wind Tunnels, která dodala tunely mimo jiné i pro německý metrologický institut PTB. Tunel ČMI je uzavřený s otevřeným měřicím prostorem. Dodavatelem LDA je německá firma ILA. Parametry tunelu jsou shrnuty v **tabulce 1**.

Rozsah rychlostí vzduchu	(0,5 – 50) m/s
Průměr výstupní trysky tunelu	45 cm (kruhový tvar)
Délka měřicího prostoru	63 cm
Plošná kontrakce na výstupní trysce	6
Intenzita turbulence	0,3 % pro $v > 10$ m/s pro nízké rychlosti max 3 %
Nehomogenita střední rychlosti	(0,2 – 0,4) %

Tab. 1: Parametry aerodynamického tunelu

Intenzita turbulence v **tabulce 1** je definována jako procentní podíl standardní odchylky podélné složky rychlosti ku střední hodnotě podélné složky rychlosti. Nehomogenitou rychlosti v dané oblasti se myslí maximální odchylka rychlosti v této oblasti od prostorově střední hodnoty rychlosti v této oblasti. Hodnota nehomogenity v **tabulce 1** platí pro oblast měřicího prostoru ve vzdálenosti cca (10 – 30) cm od výstupní trysky tunelu a ve vzdálenosti do cca 15 cm od osy měřicího prostoru.

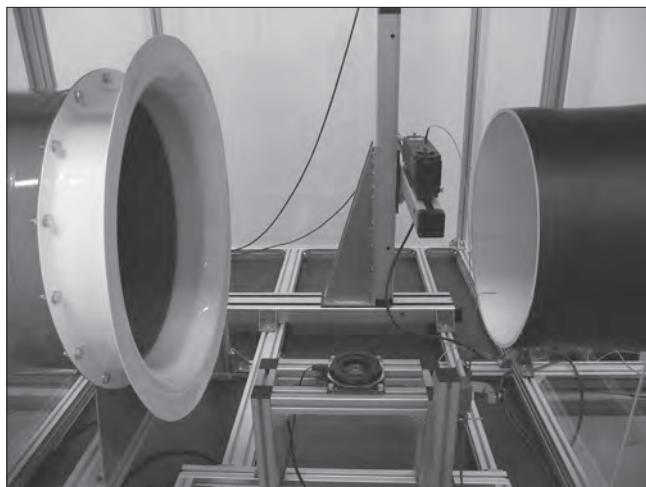
Tunel je znázorněn na **obr. 5**. Proud vzduchu před vstupem do měřicího prostoru prochází širokým tubusem zakončeným kontrakční tryskou. Tubus obsahuje cca 10 cm širokou voštinovou síť na vstupu a dvě síta uprostřed. Závěrečná kontrakce zmenšuje průřez tubusu 6krát. Tvar kontrakční trysky je určen na základě počítačového modelu tak, aby rychlostní pole na výstupu bylo co nejméně prostorově proměnlivé. Tato konstrukce zabezpečuje dostatečnou homogenitu a snižuje turbulenci vzdušného proudu v měřicím prostoru.



Obr. 5: Vizualizace aerodynamického tunelu ČMI

Měřicí prostor je chráněn plexisklovou komorou proti závanům vzduchu z okolí. Uvnitř komory je instalován i LDA etalon s posuvnou stolicí.

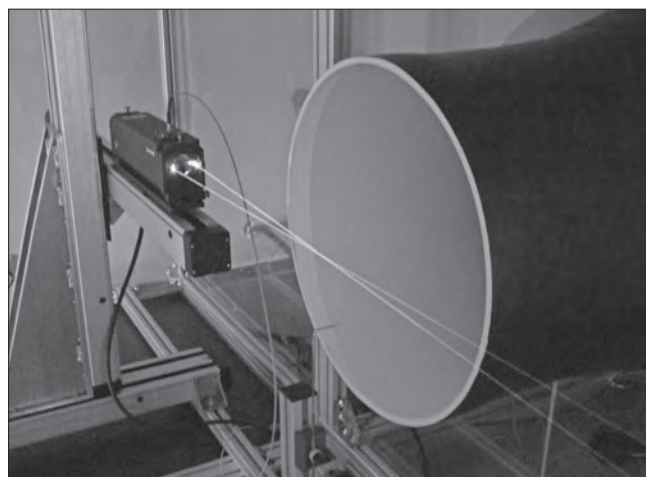
Měřicí prostor (**obr. 6**) je vybaven zařízením pro uchycení zkoušených měřidel, které umožňuje otáčení měřidla do různých náběhových úhlů vzhledem k proudu vzduchu a měření tohoto úhlu. Zařízení tedy umožní také kalibrace měřidel směru proudění vzduchu s rozšířenou nejistotou kolem 0,3°.



Obr. 6: Měřicí prostor tunelu ČMI

Místnost, ve které je tunel umístěn, je klimatizována na teplotu v rozmezí (21 – 25)°C. Teplotu vzduchu v měřicím prostoru je možno udržet na stabilní hodnotě i v případě dlouhých měření při vysokých rychlostech. Tunel je za tímto účelem vybaven tepelným výměníkem a vnitřní regulací teploty, která udržuje teplotu v tunelu v rozmezí ($T_a - 1^\circ\text{C}$, T_a), kde T_a je teplota okolního vzduchu. Tím lze předejít posunu chyby měření u některých teplotně citlivých anemometrů a také nežádoucímu proudění vzduchu v důsledku vztlakových sil vzniklých na základě teplotního rozdílu mezi měřicím prostorem a okolím.

Hlavním etalonem rychlosti proudění vzduchu je LDA systém od německé firmy ILA typu flowPOINT 50f-us (**obr. 7**). Jedná se o jednosložkové LDA s ohniskovou vzdáleností 500 mm a rozeštěm laserových svazků na čočce 45 mm. Je zde použit Nd:YAG laser s výkonem 75 mW.



Obr. 7: Výstupní otvor tunelu ČMI s LDA

Kalibraci vzdálenosti interferenčních rovin kotoučovým kalibrátorem provedla PTB. Sonda LDA je umístěna na automatické 3D posuvné stolici s rozpětím 700 mm v každé ose. Je tedy možné zaměřit měřicí objem LDA do libovolného bodu v měřicím prostoru tunelu. Software LDA a posuvného systému umožňuje automatická měření rychlostních polí. K zakuřování tunelu je použita kapalina DEHS (di-ethyl-hexyl-sebakát).

Při kalibraci se zkoušené měřidlo instaluje zhruba do středu měřicího prostoru. Měřicí bod LDA by měl být umístěn v dostatečné vzdálenosti před měřidlem v místě, kde proudění vzduchu není výrazně ovlivněno samotným měřidlem. Jelikož LDA je zaměřeno jinak než do pozice zkoušeného měřidla, je třeba hodnotu rychlosti změřenou LDA korigovat o změnu rychlosti proudění mezi pozicí LDA a pozicí měřidla v situaci, kdy je měřidlo vyjmutu.

Rozšířená nejistota typu B etalonové rychlosti vzduchu byla u tunelu ČMI stanovena na hodnotu $U(v) < 0,01 \text{ m/s} + 0,3 \% \text{ MH}$ pro $v = (0,5 - 5) \text{ m/s}$ a $U(v) < 0,5 \% \text{ MH}$ pro $v > 5 \text{ m/s}$. Tato nejistota v sobě obsahuje nejistotu měření rychlosti pomocí LDA v daném bodě, nejistotu korekčního faktoru na rozdíl rychlosti v poloze zkoušeného měřidla a v poloze LDA a v případě větších měřidel i nejistotu rychlosti v oblasti měřidla způsobenou nehomogenitou proudění v oblasti měřidla. Přesné hodnoty nejistoty budou stanoveny po provedení příslušných funkčních zkoušek.

Mezilaboratorní porovnání v anemometrii

V posledních letech proběhlo několik mezilaboratorních porovnání v oblasti anemometrie.

V roce 2007 bylo dokončeno světové klíčové porovnání s označením CCM.FF-K3, kterého se účastnily národní laboratoře Německa (PTB), Holandska (NMI), USA (NIST) a Japonska (NMIJ) [4]. Měřilo se pro dvě hodnoty rychlosti proudění 2 m/s a 20 m/s. Jako přenosný standard zde byl použit ultrazvukový anemometr firmy Kaijo Sonic. Shoda jednotlivých laboratoří byla posouzena standardně na základě stupně ekvivalence, který je definován jako

$$E_n = \frac{|x_i - x_j|}{\sqrt{U(x_i)^2 + U(x_j)^2}}, \quad (4)$$

kde x_i je sledovaná veličina (v tomto případě poměr referenční rychlosti ku rychlosti indikované přenosným standardem) a $U(x_i)$ je její kombinovaná rozšířená nejistota. Za shodu laboratoří se považuje hodnota E_n menší než jedna.

V případě porovnání CCM.FF-K3 pro rychlost 20 m/s byly ve shodě všechny dvojice laboratoří kromě NMI – NMIJ, zatímco pro 2 m/s nebyla překvapivě ve shodě žádná z dvojic.

V roce 2008 bylo ukončeno evropské porovnání s označením Euromet.M.FF-K3, kterého se účastnily národní laboratoře devíti evropských států [5]. Jako přenosné standardy byly použity Prandtlova trubice se zesilovačem vyrobená firmou Acin s dvojicí mikromanometrů

Furness Controls FCO 12 a termální anemometr od firmy Testo. Měřilo se pro třináct hodnot rychlosti v rozmezí od 0,2 m/s do 4,5 m/s. Ani toto porovnání nedopadlo zcela uspokojivě. Např. pro rychlost 4,5 m/s při měření Prandtlovou trubicí se každý z účastníků neshodoval s polovinou ostatních účastníků.

Možným vysvětlením neuspokojivých výsledků provedených porovnání je fakt, že proudění vzduchu kolem měřidla je při dané etalonové rychlosti různé pro zařízení různých konstrukcí s různými typy a velikostmi měřicích komor. Zkoušené měřidlo se v nich chová mírně odlišně.

V roce 2012 bylo dokončeno porovnání Euramet čísla 827 [6], kde byl jako přenosný standard použit systém LDA, který umožňuje bezkontaktní měření a neinteraguje tedy se vzdušným proudem. Tohoto porovnání se zúčastnilo 6 evropských států a měřilo se pro dvanáct hodnot rychlosti v rozsahu (0,2 – 40) m/s. Výsledky tohoto porovnání byly uspokojivé. Až na jednu laboratoř, která používá otevřený tunel s otevřeným měřicím prostorem, byly téměř všechny výsledky ve shodě v celém rozsahu rychlostí. To potvrzuje hypotézu, že rozdíly v interakci zkoušeného měřidla se vzdušným proudem v různých typech kalibračních zařízení hrají při mezilaboratorních porovnáních a při samotné kalibraci anemometrů důležitou roli a že tento vliv je třeba lépe prozkoumat.

Závěr

Nová anemometrická laboratoř ČMI v současné době umožňuje kalibrace anemometrů v rozsahu rychlostí od 0,5 m/s do 50 m/s s vyhlídkou na rozšíření dolního konce rozsahu až na 0,05 m/s v příštím roce. Laboratoř využívá v současné době nejpřesnější technologii měření rychlosti proudění vzduchu – laserovou dopplerovskou anemometrii. V blízké budoucnosti plánujeme mezilaboratorní porovnání s některými evropskými instituty a firmami. Toto porovnání bude zajímavé i ve světle dříve provedených porovnání anemometrických laboratoří v Evropě a ve světě, jejichž výsledky poukázaly na potřebu lepšího podchycení rozdílů v interakci zkoušeného měřidla se vzdušným proudem v různých typech kalibračních zařízení.

Reference

- [1] H. E. Albrecht, M. Borys, N. Damaschke, C. Tropea, *Laser Doppler and Phase Doppler Measurement Techniques*, Springer-Verlag 2003
- [2] V. Kopecký, *Laserová anemometrie v mechanice tekutin*, TU Liberec 2008
- [3] E. C. Maskell, *A Theory of the Blockage Effects on Bluff Bodies and Stalled Wings in a Closed Wind Tunnel*, Aeronautical Research Council Reports and Memoranda 3400, 1963
- [4] http://kcdb.bipm.org/appendixb/appbresults/ccm.ff-k3/ccm.ff-k3_final_report.pdf
- [5] Projektová databáze na www.euramet.org, project No. 514
- [6] Projektová databáze na www.euramet.org, project No. 827

OVĚŘENÍ NORMALITY EMPIRICKÝCH DAT

Ing. Václav Hora

AMS – Laboratoř ionizujícího záření
VZ 4935 Lázně Bohdaneč, pracoviště Olomouc

1. Úvod

V celém postupu zpracování naměřených dat je jednou z nejdůležitějších etap ověření jejich rozdělení. Právě zde se většinou rozhoduje o tom, zda další výpočty nebudou pouhým numerickým cvičením bez hlubšího fyzikálního smyslu. Podmínka normality naměřených empirických dat patří k základním předpokladům, neboť je na ni založena celá klasická analýza dat a má zcela zásadní význam v metrologii. Testů normality je několik druhů (viz. např. ČSN ISO 5479), ale žádný z nich není zcela uspokojivý. Obsahem tohoto článku jsou dva druhy speciálních testů zaměřených k jejímu ověření.

První test [4] je obecný a týká se porovnání (fitaci: doslova „napasování“) předpokládané distribuční funkce stanovené pomocí naměřených dat s libovolnou teoretickou distribuční funkcí, která je plně určena svými teoretickými parametry. Jde o univerzální test. Při řešení této hypotézy nezastupitelné místo sehrává rovnoměrné rozdělení $R(0,1)$. Vlastní test je jednoduchý a síla testu je vysoká. Autor článku provedl těchto testů několik desítek a porovnal je s testy uváděnými v literatuře. Některá teoretická rozdělení identifikoval lépe nežli testy v literatuře doporučené. Test byl s úspěchem autorem článku přednesen na Olomouckých dnech aplikované matematiky (ODAM) v měsíci červnu 2008 organizovaných jednou za dva roky katedrou aplikované matematiky Univerzity Palackého Olomouc.

Základem druhého testu je tzv. Gearyho test normality, kde rozdělení není specifikováno svými teoretickými parametry (parametry neznáme), ale pouze jejich odhady, tedy konkrétně směrodatnou odchylkou s a průměrem $\bar{x}$ vypočítaných z naměřených dat. Testovací statistika je dána průměrem absolutních skóre, tedy

$$d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}| \cdot \frac{1}{s}.$$

Nulová hypotéza zní: naměřená data pocházejí z libovolného normálního rozdělení (z třídy normálních rozdělení). Je velmi silným testem. Byla provedena jeho přesnější aproximace. V [5] str. 98 se uvádí, že na normalitu byly testovány celkem čtyři druhy empirických dat za použití těchto testů: šikmosti a špičatosti, Andersenův- Darlingův a Shapirův-Wilkův test. Všechny testy správně indikovaly normalitu dat s tím, že ani jeden nerozlišil mezi rovnoměrným a normálním rozdělením.

Tato data byla také testována autorem článku testem χ^2 - dobré shody a ani tento test obě rozdělení nerozlišil. Gearyho test identifikoval všechna tato rozdělení včetně rovnoměrného. Test je aplikován v příkladě 4 a to na data uvedená v [5].

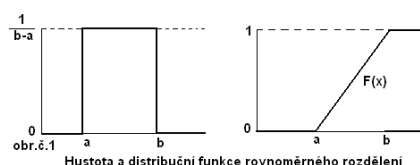
2. Rovnoměrné rozdělení

Rovnoměrné rozdělení (také obdélníkové, rektangulární, uniformní rozdělení) je nejjednodušší typ spojitého rozdělení náhodné veličiny. Jeho využití je ale značné. Využívá se hlavně pro generování hodnot ostatních rozdělení. Tato jeho vlastnost také souvisí bezprostředně s prvním testem tohoto článku. Rozdělení označujeme jako $R(0,1)$. V metrologii hraje významnou roli v teorii nejistot získaných metodou typu B, kdy o náhodné veličině víme pouze to, že se nachází v intervalu „od...do“. Náhodná veličina má rovnoměrné rozdělení, jestliže má konstantní hustotu pravděpodobnosti v celém intervalu hodnot, jichž může nabývat. Je-li tento

interval náhodných veličin $\langle a, b \rangle$, potom hustota pravděpodobnosti je (obr. 1)

$$f(x) = \frac{1}{b-a} \text{ a distribuční funkce se rovná } F(x) = \frac{x-a}{b-a},$$

$$(a \leq x \leq b)$$



Jestliže má náhodná veličina X rovnoměrné rozdělení $Re(0,1)$, potom její hustota pravděpodobnosti a distribuční funkce mají jednoduchý tvar

$$f(X) = 1, \quad F(X) = x.$$

Parametry tohoto rozdělení jsou

$$E(X) = 1/2, \quad \text{var}(X) = 1/12. \quad (1)$$

Je zřejmé, že střední hodnota a disperze sumy posloupnosti stejně takto rozdělených náhodných veličin na $R(0,1)$ mají tvar

$$E \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n E(x_i) = n/2 \quad \text{a} \quad \text{var} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) = \sum_{i=1}^n \text{var}(x_i) = n/12. \quad (1a)$$

Normovaná náhodná veličina u má v souladu s Centrální limitní větou pro $n \rightarrow \infty$ asymptoticky normální rozdělení $N(0,1)$, tedy

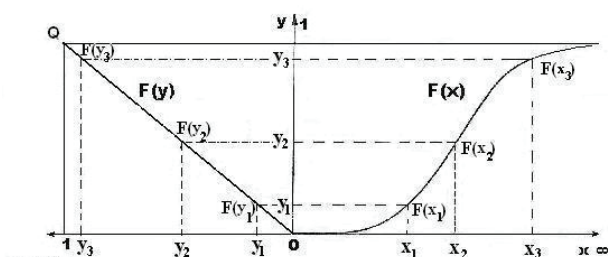
$$u = \left(\sum_{i=1}^n x_i - \frac{n}{2} \right) / \sqrt{\frac{n}{12}} \sim \text{asympt. } N(0,1). \quad (2)$$

Prakticky již pro $n = 5$ má výraz (2) standardizované normální rozdělení, tedy rychle k tomuto rozdělení konverguje. Nutnou podmínkou ale je, aby skutečně šlo o rozdělení rovnoměrné, které má parametry (1), respektive (1a).

Je zajímavou skutečností, že náhodné hodnoty libovolné spojité teoretické distribuční funkce $F(x)$ definované na intervalu $x \in (a, b)$ lze lehce přetransformovat do náhodných hodnot teoretické distribuční funkce $F(y)$ rovnoměrného rozdělení $R(0,1)$. Existuje tedy jednoznačné přiřazení mezi hodnotami $x \in (a, b)$ a hodnotami $y \in (0,1)$. Statistiku (2) potom využijeme k ověření libovolného teoretického rozdělení.

3. Test inverzní transformace

Tento test platí pro libovolné spojité teoretické rozdělení, které je plně určeno svými parametry, které známe. Test je velmi elegantní, jednoduchý a málo pracný. Přidržíme se geometrické názornosti (obr. 2). Matematický důkaz je velmi jednoduchý, a proto se jím nebudeme zabývat. Ihned vidíme, že rovnoměrné rozdělení $R(0,1)$ s distribuční funkcí $F(y)$ můžeme získat pomocí transformace distribuční funkce $Y = F(X)$ z libovolného rozdělení, jehož distribuční funkce je spojitá.



obr. č. 2
transformovaná distribuční funkce $F(y)$; libovolná teoretická distribuční funkce $F(x)$
do intervalu $(0,1)$

Na pravé polovině obrázku je libovolná spojitá teoretická distribuční funkce $F(x)$. Jestliže známe hodnoty parametrů této funkce, potom nám jsou známy i její hodnoty v daných bodech, což je zásadní podmínkou pro potřebné výpočty. V levé polovině je distribuční funkce rovnoměrného rozdělení $F(y)$. Sumu $\sum_{i=1}^n F(x_i)$ označíme W_0 , takže vztah (2) má tvar

$$u = (W_0 - n/2) / \sqrt{n/12} \quad (3)$$

Jestliže posloupnost stejně rozložených nezávislých náhodných dat má skutečně libovolnou distribuční funkci $F(x)$, potom se nezávislá náhodná data v plném rozsahu přetransformují do distribuční funkce $F(y)$ rovnoměrného rozdělení na intervalu $R(0,1)$. Vidíme, že platí: $F(x_i) = y_i = F(y_i)$. Suma těchto stejně rozložených nezávislých náhodných ve-

ličin $\sum_{i=1}^n y_i$ s rozdělením $R(0,1)$ je opět náhodnou veličinou o střední hodnotě $n/2$ a disperzi $n/12$. Při platnosti H_0 platí, že $W_0 \rightarrow n/2$. Rozdíl těchto dvou hodnot v čitateli vztahu (3) je potom statisticky nevýznamný, a proto platí nulová hypotéza (součet W_0 konverguje podle pravděpodobnosti ke střední hodnotě $n/2$).

Jestliže naopak přiřadíme naměřená data $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ jinému rozdělení, tedy takovému, kterému nepodléhají, potom rozdíl mezi hodnotou správné ale neznámé distribuční funkce a hodnotou přiřazené distribuční funkce je v každém bodě zatížen určitou odchylkou (může např. dojít k lokálnímu zhuštění nebo naopak ke zředění dat vzniklých transformací, tedy dat $y_1, y_2, \dots, y_n$ na intervalu $0,1$). Odchytky budou tím větší, čím více se jednotlivé distribuční funkce od sebe liší. Tato „deformace“ posloupnosti dat se tedy přetransformuje do předpokládaného rozdělení $R(0,1)$, ale v tomto případě již posloupnost toto rozdělení mít nebude. Data na ose OQ budou sice nezávislá, ale nebudou rovnoměrně rozložena. Součet W_0 konverguje podle pravděpodobnosti k nějakému číslu, které je statisticky významné od hodnoty $n/2$, protože nejde již o rozložení rovnoměrné.

Ukážeme si na třech konkrétních příkladech praktické použití výsledků předcházejících kapitol.

Příklad 1

Ověřte na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ hypotézu, že data 10,8; 11,1; 11,4; 12,7; 13,2; 13,4; 14,1; 14,4; 14,7; 15,0 jsou náhodným výběrem z normálního rozdělení $N(13,01; 1,32)$. Teoretická distribuční funkce normálního rozdělení je plně specifikována a pro jednotlivá naměřená data má následující hodnoty: 0,04704; 0,07395; 0,1112; 0,40716; 0,55722; 0,61617; 0,79552; 0,85393; 0,89978; 0,93416. Suma hodnot distribuční funkce je rovna 5,29617. Dosadíme tyto hodnoty do výrazu (3) a dostaneme

$$u = \left(5,29617 - \frac{10}{2} \right) / \sqrt{\frac{10}{12}} \approx 0,3554 < 1,96$$

Data výběrového souboru jsou s 95% pravděpodobností nerozeznatelná od normálního rozdělení $N(13,1; 1,32)$.

Příklad 2

Ověříme na hladině $\alpha = 0,05$ hypotézu, že data 52; 3; 79; 12; 26; 33; 94; 11; 71 a 87 jsou náhodným výběrem z rovnoměrného rozdělení s parametry $a = 0$; $b = 100$.

Teoretická distribuční funkce rovnoměrného rozdělení je plně určena a pro jednotlivá naměřená data má hodnoty: 0,03; 0,11; 0,12; 0,26; 0,33; 0,52; 0,71; 0,79; 0,87; 0,94.

Suma hodnot distribuční funkce $R(0, 100)$ je rovna 4,68. Dosadíme tyto hodnoty do výrazu (17) a dostaneme

$$u = \left(4,68 - \frac{10}{2} \right) / \sqrt{\frac{10}{12}} \approx 0,35 < 1,96$$

Hypotézu o tom, že data pochází z uvažovaného rozdělení s 95% pravděpodobností nezamítáme.

Příklad 3

Máme ověřit, zda naměřená data pocházejí z exponenciálního rozdělení (bez posunutí) s parametrem 10, tedy $E(10,10)$ ($n = 10$). Hodnoty naměřených dat jsou: 0; 7; 2; 25;

3; 4; 10; 1; 5 a 70. Těmto datům přiřadíme hodnoty teoretické distribuční funkce $E(10,10)$: 0,000; 0,095; 0,181; 0,259; 0,330; 0,394; 0,503; 0,632; 0,918; 0,999.

Suma hodnot distribuční funkce $E(10)$ je rovna 4,311. Dosadíme veličiny do výrazu (17) a dostaneme

$$u = \left(4,311 - \frac{10}{2}\right) / \sqrt{\frac{10}{12}} = 0,75476 \approx 0,75 < 1,96.$$

Náhodný výběr pochází s 95% pravděpodobností z teoretického rozdělení $E(10,10)$.

Poznámky:

- čtenář si může provést výpočty s libovolnou kombinací dat tak, že data z exponenciálního rozdělení dosadí do distribuční funkce rozdělení druhých, apod. Uvidí, že nulová hypotéza H_0 nebude platit.
- test použijeme jen s využitím všech hodnot x_i náhodné veličiny X při výpočtu teoretické distribuční funkce, nikoliv jejich seskupení do třídního rozdělení četnosti. Nezkoumali bychom v tomto případě celý průběh distribuční funkce, nýbrž jen její hodnoty ve vybraných bodech, a proto by se ztratila část informace.

4. Metoda pomocí průměru absolutních empirických skóre

Při použití tohoto testu není zapotřebí znát teoretické parametry předpokládaného normálního rozdělení, tzn. střední hodnotu μ a disperzi σ^2 . Při nulové hypotéze *budeme pouze předpokládat, že základní soubor má libovolné normální rozložení*. Mějme nezávislé náhodné veličiny x_i a předpokládáme jejich *normální rozložení*. Vypočteme pomocí těchto

veličin normovaný poměr $\tau_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s}$, jenž se nazývají empirické *standardizované skóre*. V tomto vztahu je jako obvykle

$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ výběrový průměr a $s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ je výběrová směrodatná odchylka.

Zajímavou vlastností těchto skóre je, že i pro ně platí $\bar{\tau}_i = 0$; $s_{\tau}^2 = 1$, tedy jejich suma a tedy i průměr jsou rovny nule, ať jsou vytvořeny z jakéhokoliv rozdělení. Proto je nemůžeme v takovémto tvaru pro naše potřeby využít. Vytvoříme novou náhodnou veličinu a to průměr *absolutních*

skóre, tedy $|d_i| = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|$. Skóre τ_i mají marginální hustotu

pravděpodobnosti, která nezávisí na parametrech rozdělení ani na jejich odhadech, ale pouze na velikosti náhodného výběru (počtu naměřených dat) n a má tvar (křivka je symetrická kolem 0)

$$f(\tau) = \frac{\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)}{\sqrt{(n-1)\pi} \cdot \Gamma\left(\frac{n-2}{2}\right)} \left(1 - \frac{\tau^2}{n-1}\right)^{\frac{n-4}{2}}, \quad \text{pro } |\tau| < \sqrt{n-1}.$$

Nás však zajímá absolutní hodnota skóre. Budeme proto uvažovat pravý horní kvadrant. Distribuční funkce má v tomto případě tvar

$$F(|\tau|) = 2 \cdot \int_0^{\sqrt{n-1}} \frac{\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)}{\sqrt{(n-1)\pi} \cdot \Gamma\left(\frac{n-2}{2}\right)} \left(1 - \frac{\tau^2}{n-1}\right)^{\frac{n-4}{2}} d\tau, \quad (4)$$

Písmeno Γ (gama) značí tzv. gama funkci, která se ve statistice velmi často používá. Pro gama funkci např. platí:

$$\Gamma(1) = 1, \quad \Gamma(2) = 1, \quad \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \sqrt{\pi},$$

$$\Gamma(k+1) = k \cdot \Gamma(k), \quad \Gamma\left(\frac{k}{2}\right) = \left(\frac{k}{2}-1\right) \cdot \Gamma\left(\frac{k}{2}-1\right), \text{ apod.}$$

Střední hodnota absolutních skóre je potom rovna

$$E(|d_i|) = \frac{\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right) \sqrt{n-1}}{\sqrt{\pi} \cdot \Gamma\left(\frac{n}{2}\right)},$$

*přesná aproximace*³⁾ tohoto vztahu je

$$E(|d_i|) = \sqrt{2/\pi} + 0,1995/n + 0,0249/n^2 - 0,0312/n^3 - \dots$$

$$(\sqrt{2/\pi} = 0,797885). \quad (5)$$

Disperze veličiny $|d_i|$ je rovna (výpočet je velmi náročný (dvojný integrál dvou funkcí v *absolutním vyjádření!*) a zdlouhavý)

$$\text{var}(|d_i|) = \frac{1}{n} \left\{ 1 + \frac{2}{\pi} \left[\sqrt{n(n-2)} + \arcsin \frac{1}{n-1} \right] \right\} - [E(|d_i|)]^2. \quad (6)$$

Její *přesná aproximace* vede k rozvoji

$$\text{var}(|d_i|) = \frac{0,045070}{n} - \frac{0,1246}{n^2} + \frac{0,0849}{n^3} + \frac{0,00632}{n^4} + \dots \quad (7)$$

4.1 Počet naměřených empirických dat je $n \geq 50$

Pro $n \geq 50$ náhodná normovaná veličina „ u “ podle Centrální limitní věty konverguje k normálnímu rozdělení $N(0,1)$, tedy

$$|u| = \frac{|d_i| - E(|d_i|)}{\sqrt{\text{var}(|d_i|)}} \sim N(0,1), \quad (8)$$

kde do vztahu (8) dosadíme příslušné aproximace (5) a (7). Výraz (8) je velmi citlivý na jiné rozdělení naměřených dat než je rozdělení normální, takže má vysokou identifikační sílu. Z druhé strany je potřebné věnovat v souboru dat zvýšenou pozornost odlehlým hodnotám. Test odlehlých hodnot je vhodný povést některou z robustních metod.

Příklad 4

Máme otestovat na 5% hladině významnosti, zda naměřená data pochází z normálního rozdělení. Jsou k dispozici naměřená data ($n = 50$): 0,531; 0,677; 0,171; 0,065; 0,848; 0,021; 0,38; 0,76; 0,524; 0,283; 0,841; 0,631; 0,645; 0,924; 0,567; 0,594; 0,141; 0,994; 0,998; 0,211; 0,487; 0,595; 0,751; 0,231; 0,012; 0,487; 0,794; 0,358; 0,823; 0,414; 0,087; 0,147; 0,559; 0,053; 0,217; 0,385; 0,755; 0,853; 0,707; 0,266; 0,878; 0,04; 0,407; 0,839; 0,171; 0,325; 0,295; 0,842; 0,636; 0,172.

Aritmetický průměr je $\bar{x} = 0,48784$ a výběrová směrodatná odchylka $s = 0,291094$.

Z těchto dat a vypočítaných charakteristik vypočteme $|d_i| = 0,875319$, dále vztah (5), (7), dosadíme do (8). Ko-
nečný výsledek je

$$|u| = \frac{|0,875319 - 0,801884|}{0,0291932} = 2,5155 > 1,96 \cdot$$

Úkolem bylo na 5% hladině významnosti rozhodnout, zda lze data považovat za výběr z normálního rozdělení. Vidíme, že nulovou hypotézu na 5% hladině významnosti musíme zamítnout. *Ve skutečnosti byl výběr proveden z rovnoměrného rozdělení $R(0,5, 0,083)$. Tedy daný test rozlišil rovnoměrné rozdělení od rozdělení normálního na základě dat převzatých z [5]. (viz. poslední odstavec v úvodu).*

4.2 Počet naměřených empirických dat je $n < 50$

V tomto případě použijeme opět statistiku $|d_i|$. Pro $n < 50$ (konkrétně pro $n = 11; 16; 21; 26; 31; 36; 41; 46; 51$) jsou např. ve [2] uvedeny kritické hodnoty tohoto rozdělení. Pro jiná n z tohoto intervalu získáme kritické hodnoty např. lineární aproximací. V současné době můžeme simulací kritické hodnoty pro libovolná n stanovit pomocí PC. Pro $\alpha = 0,05$ jsou kritické hodnoty uvedeny v následující tabulce. Při nulové hypotéze (tzn. předpoklad normálního rozdělení) se

hodnota statistiky $|d_i|$ musí nacházet uvnitř intervalu vymezeném kritickými hodnotami, takže

$$d_{1-\alpha/2} \leq |d_i| \leq d_{\alpha/2}. \quad (9)$$

Počet naměřených dat n	Kritická hodnota $d_{\alpha/2}(\alpha = 0,05)$	Kritická hodnota $d_{1-\alpha/2}(\alpha = 0,05)$
11	0,9073	0,7153
16	0,8884	0,7236
21	0,8768	0,7304
26	0,8686	0,7360
31	0,8625	0,7404
36	0,8578	0,7440
41	0,8540	0,7470
46	0,8508	0,7496
51	0,8481	0,7518

Příklad 5

Máme k dispozici 16 naměřených dat: -1,008; 1,723; -1,369; -0,235; -0,758; -0,885; 0,063; -0,673; 0,092; 0,109; -1,825; -0,383; -1,38; 0,69; 1,401; 0,28. Naším úkolem je zjistit, zda tato data pocházejí z normálního rozdělení.

Výběrový průměr: $\bar{x} = -0,25988$; výběrová směrodatná odchylka: $s = 0,95419$.

Hodnota testovací statistiky je

$$|d_i| = \frac{1}{16} \frac{\sum_{i=1}^{16} |x_i + 0,25988|}{0,95419} = 0,8125 \Rightarrow 0,7236 < 0,8125 < 0,8884$$

Naším úkolem bylo na 5% hladině významnosti rozhodnout, zda lze data považovat za výběr z normálního rozdělení. Vidíme, že nulovou hypotézu na 5% hladině významnosti nemůžeme zamítnout (data pocházejí skutečně z libovolného normálního rozdělení).

5. Závěr

Jak již bylo v úvodu článku řečeno, podmínka normality naměřených empirických dat patří k základním předpokladům. V podstatě by se již neměl v současné době objevit výsledek měření bez udání rozšířené nejistoty tohoto výsledku. Tato nejistota je definovaná součinem výsledné kombinované nejistoty a koeficientem rozšíření, který ovšem závisí na druhu rozdělení výsledku měření. Většinou se předpokládá právě rozdělení normální, ale je potřebné tato data otestovat a zjistit, zdali jsou takto skutečně rozložena. Tento test je potřebné provádět periodicky, jelikož se mohly změnit podmínky měření. Změn podmínek měření si vůbec nemusíme být vědomi.

V článku byly ukázány dva druhy testů na normalitu. Prvý test vyžaduje znalost teoretických parametrů jednotlivých druhů rozdělení. Jde o test univerzální, tzn., že platí pro libovolná ale spojitá rozdělení. Ve čtvrté kapitole jsme ukázali jednu z možností, jak „obejít“ neznalost teoretických parametrů předpokládaného normálního rozdělení a to pomocí absolutní náhodné veličiny $|d_i|$. Tato situace je z praktického pohledu převažující. Síla testu je relativně vysoká.

6. Literatura

- [1] Anděl, J.: Statistické metody. Matfyzpress, MFF UK, Praha 1993
- [2] Boháček, J.: Teorie měření: Cvičení. Praha, 1987
- [3] Militký, J.: Moderní statistické metody pro životní prostředí. VŠB-TU, Ostrava 1996
- [4] Moses, L. E.: One sample limits of some two – sample rank tests. Journal of the American statistical Association 59 (1964), 645–651
- [5] Meloun, M. Militký, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. Arsmagna, Praha, 1998
- [6] Hušek, R. Lauber, J.: Simulační metody. SNTL/ALFA, Praha, 1987
- [7] Bakytová, H. a kol.: Statistická indukce pro ekonomy. SNTL, Praha, 1986
- [8] ČSN ISO 5479: Statistické interpretace údajů – Testy odchýlení od normálního rozdělení. ČNI, Praha, 1998

ODHAD NEJISTOTY MĚŘENÍ PŘI KALIBRACI TEPLoměRU S DOTYKOVOU SONDOU

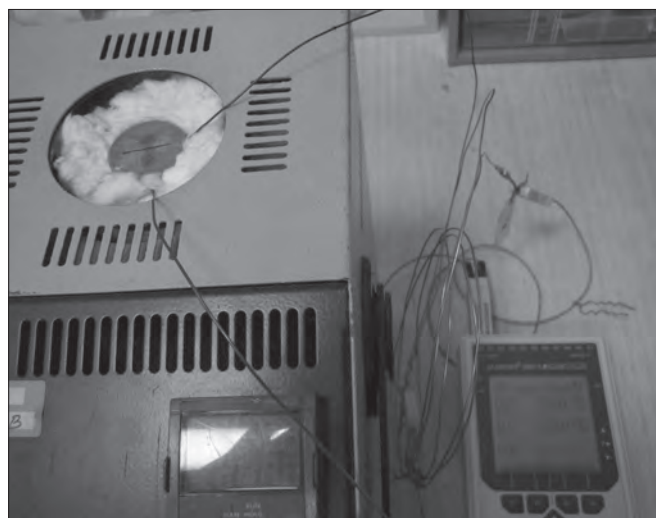
Ing. Josef Vojtíšek

Český metrologický institut, OI Praha

Každý digitální teploměr je v podstatě miniaturní měřicí řetězec teploty. Teploměry s klasickými ponornými kontaktními snímači různých typů nám obvykle při stanovení nejistoty měření nepůsobí problémy. Homogenity a stability lázni lze snadno zjistit, ponor snímače závisí na jeho konstrukci, podle typu snímače zvolíme vhodný etalonový snímač teploty a prakticky všechny zdroje nejistoty měření lze exaktně určit.

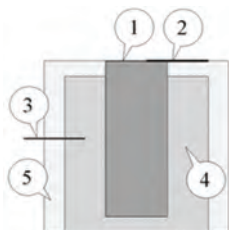
Problém nastává u teploměrů určených k měření povrchových teplot, kde je velmi obtížné popsat řadu vlivů, často označovaných jako *subjektivní* (například vliv operátora). Když porovnáme kalibrační listy několika laboratorů (včetně akreditovaných) v rozsahu teplot např. (0 až 200) °C, objevují se hodnoty rozšířené kombinované standardní nejistoty U_c v rozpětí od několika desetin do několika jednotek °C. Jaké hodnoty jsou tedy reálně dosažitelné při tomto způsobu měření? Bohužel, jednoznačný návod neexistuje, protože dílčí složky hodnoty U_c jsou těsně spjaty se zařízením, které konkrétní laboratoř používá ke kalibraci a s typem resp. konstrukcí sondy kalibrovaného teploměru. Na příkladu konkrétního kalibračního zařízení bude ukázáno, jak se přiblížit k obhajitelné a reálné hodnotě U_c .

V sekundární laboratoři ČMI OI Praha se používá ke kalibraci dotykový blok vlastní výroby, který nahrazuje homogenizační blok kalibrační přenosné pícky ISOTECH Jupiter 650S (viz obr. 1).



Obr. 1: Provedení a schéma uspořádání kalibrace

1. dotykový homogenizační blok
2. externí etalonový snímač teploty (2 ks)
3. int. snímač regulace teploty pícky
4. topný blok pícky
5. tepelná izolace



Na dotykovém bloku o průměru 34 mm a délce 162 mm jsou umístěny dva plášťové termoelektrické snímače teploty typu K o průměru 1 mm. První je zasunutý v drážce na povrchu, druhý zavrtaný 1 mm pod povrchem bloku. Příklad je zpracován pro kalibraci teploměru, jehož sonda je opatřena distančními hroty průměru 10 mm, mezi nimiž jsou klenuté pásky jednotlivých větví termoelektrického snímače šířky 1,5 mm (viz obr. 2). U těchto typů sond je nutné dodržet dobu měření podle specifikace výrobce. Spojení pásek s vodiči vytváří uvnitř sondy parciální termoelektrické články, které při delší teplotní expozici mohou deklasovat měření.



Obr. 2: Sonda teploměru

Měření provedeme při teplotě 300 °C a naším cílem je stanovit rozšířenou kombinovanou standardní nejistotu měření včetně jednotlivých složek uvažovaných pro stanovení nejistoty typu B.

Chybu údaje teploty kalibrovaného snímače E_x vyjádříme jako:

$$E_x = T_M + \delta T_{SB} + \delta T_O + \delta T_P + \delta T_H + \delta T_N + \delta T_S + \delta T_{RM} - (T_E + \delta T_K + \delta T_D), \text{ kde}$$

- T_M ... údaj měřidla
- T_E ... údaj etalonu
- δT_K ... korekce na nejistotu kalibrace etalonu
- δT_D ... korekce na drift etalonu
- δT_{SB} ... korekce na stabilitu bloku
- δT_O ... korekce na odvod tepla
- δT_P ... korekce na ochlazování povrchu bloku
- δT_H ... korekce na homogenitu teploty na povrchu bloku
- δT_N ... korekce na správný sklon sondy (kolmost přitlaku)
- δT_S ... korekce na správný přitlak sondy (síla přitlaku)
- δT_{RM} ... korekce na rozlišitelnost kalibrovaného teploměru

1. Měření hodnoty

Hodnota **etalonu** (termoelektrický snímač v drážce) byla odečtena 10 x s následujícími výsledky: Měřené hodnoty (°C): 296,1 / 295,3 / 295,9 / 294,8 / 296,6 / 295,0 / 295,7 / 296,2 / 295,5 / 296,4. Průměrná teplota ... $T_E = 295,8$ °C. Směrodatná odchylka (nejistota typu A) je $u_{AE} = 0,19$ °C.

Stejným způsobem byla určena z 10 odečtů průměrná teplota na **kalibrovaném teploměru**: Měřené hodnoty (°C):

282,6 / 282,0 / 283,3 / 283,0 / 281,8 / 283,6 / 283,8 / 284,2 / 282,9 / 283,0. Průměrná teplota $T_M = 283,0$ °C. Směrodatná odchylka (nejistota typu A) je $u_{AM} = 0,24$ °C.

Směrodatná odchylka je stanovena podle známého vzorce (T_p ... průměrná teplota, T_i ... jednotlivé odečty):

$$u_A = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^{10} (T_i - T_p)^2}$$

2. Zdroje nejistoty typu B

2.1. Nejistota kalibrace etalonu (u_K), korekce δT_K

Digitální teploměr s plášťovým termoelektrickým snímačem v drážce bloku byl kalibrován jako měřicí řetězec s rozšířenou nejistotou při teplotě 300 °C ... $U_K = 0,5$ °C, rozdělení normální, koeficient rozšíření $k=2$, standardní nejistota je tedy $u_K = 0,25$ °C.

2.2. Drift etalonu (u_D), korekce δT_D

Z historie termoelektrického snímače, používaného v rozmezí teplot (0 až 600) °C výhradně pro kalibrace dotykových sond, lze určit, že maximální hodnota driftu během kalibračního intervalu je $\delta_D = 0,6$ °C, rozdělení rovnoměrné. Složka nejistoty je tedy:

$$u_D = \frac{\delta_D}{\sqrt{3}} = 0,35$$
 °C

2.3. Stabilita bloku (u_{SB}), korekce δT_{SB}

Během měření kolísala teplota na měřeném povrchu v mezích max. $\pm 0,8$ °C, jak vyplývá z měřených hodnot. Změny teploty na povrchu bloku jsou zahrnuty jak v jednotlivých odečtech, tak v dalších složkách nejistot. Druhý termoelektrický snímač zavrtaný pod povrchem styčné plochy indikoval změny teploty v rozmezí $\pm 0,5$ °C, což uvažujeme jako stabilitu samotného bloku. Složka nejistoty (rozdělení rovnoměrné) je tedy:

$$u_{SB} = \frac{0,5}{\sqrt{3}} = 0,29$$
 °C

2.4. Vliv odvodu tepla (u_O), korekce δT_O

Po ustálení teploty bez přiložené kalibrované sondy se na povrchu bloku nastavila teplota v drážce 297,3 °C a teplota pod povrchem 297,9 °C. Po přiložení sondy se tyto teploty snížily na hodnoty 295,7 °C resp. 296,2 °C. Rozdíl cca 1,5 °C můžeme považovat za snížení teploty, způsobené přiloženou sondou. Tato složka nejistoty je výrazně závislá na typu kalibrované sondy. Rozdíl uvažujeme jako max. možnou chybu odvodu tepla s rovnoměrným rozdělením pravděpodobnosti. Složka nejistoty je tedy:

$$u_O = \frac{\delta_O}{\sqrt{3}} = 0,87$$
 °C

2.5. Vliv ochlazování povrchu bloku (u_P), korekce δT_P

Rozdíl údajů obou termoelektrických snímačů, který je patrný v předchozím odstavci a který je v našem případě zhruba stejný před i po přiložení sondy, demonstruje skutečnost, že i v nepatrné vrstvě pod povrchem je teplota vyšší. Tento rozdíl stoupá s rostoucí teplotou a se vzdáleností od povrchu bloku (lze zjistit zavrtáním několika snímačů, které se rovnoměrně vzdalují od povrchu směrem ke středu výšky bloku). Povrchová teplota je velmi citlivá na proudění vzduchu kolem bloku (např. otevření okna nebo dveří výrazně mění ustálené teplotní pole). Rozdíl teploty v této nepatrné povrchové vrstvě zahrneme jako max. hodnotu ochlazení o velikosti cca 0,5 °C. Složka nejistoty (rozdělení rovnoměrné) je tedy:

$$u_P = \frac{\delta_P}{\sqrt{3}} = 0,29$$
 °C

2.6. Vliv homogenity povrchu bloku (u_H), korekce δT_H

Homogenita prostředí hraje při měření teploty významnou roli bez ohledu na druh kalibrovaného snímače (homogenita termostatické lázně, vnitřního prostoru teplotní komory apod.). Ani při relativně malém průměru není povrchová část dotykového bloku zcela homogenní. Blok vyčnívá cca 5 mm z topného lože a jeho ochlazování po obvodu je intenzivnější. Abychom dosáhli rovnoměrnějšího rozložení teploty, je vyčnívající část bloku dodatečně izolována sibra-lovou vatou. Přesah délky bloku je vhodný ze dvou důvodů: usnadňuje vyjmutí bloku a umožňuje optimální kontakt i u krátkých úhlových sond.

Pro měření homogenity byla použita sonda, jejíž konstrukce je podobná sondě kalibrované a u které již bylo provedeno několik kalibrací (sonda se známou historií). Na povrchu našeho bloku bylo provedeno měření v 5 bodech – v geometrickém středu bloku a ve 4 bodech po 90° v blízkosti obvodové kružnice – s následujícím výsledkem:

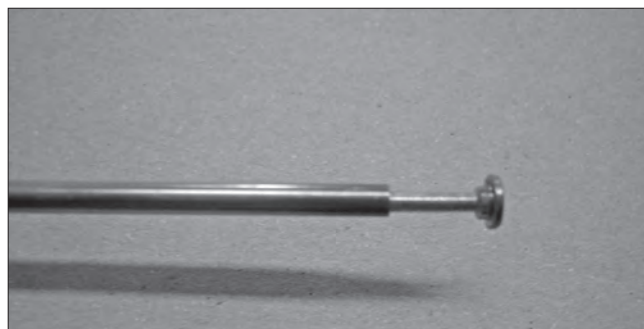
Měřené teploty (°C): 281,7 / 282,0 / 281,1 / 282,4 / 281,5

Průměrná teplota (°C): 281,74

Směrodatná odchylka je 0,31 °C – hodnota směrodatné odchylky je použita jako složka nejistoty $u_H = 0,31$ °C, normální rozdělení pravděpodobnosti.

2.7. Vliv sklonu sondy (u_N), korekce δT_N

U sond s distančními hroty je správná poloha definována tehdy, jestliže se všechny hroty dotýkají měřené plochy.



Obr. 3: Sonda teploměru s dotykovou ploškou

U ostatních typů sond (např. sondy s malou dotykovou ploškou – viz **obr. 3**) správnou polohu sondy resp. kolmost odhadujeme. Pro zjištění vlivu sklonu jsme sondou opsali kružnici, která vymezuje základnu obráceného kužele, jehož vrcholový bod tvoří dotyková ploška sondy a vrcholový úhel je cca 5°. Při pohybu sondy jsme zaznamenali maximální a minimální hodnotu teploty ... 282,6 °C resp. 272,4 °C. Rozdíl teplot je tedy 10,2 °C. Při vlastním měření se samozřejmě snažíme dodržet kolmou polohu sondy vůči měřené ploše, odhadneme tedy, že max. chyba vlivem sklonu sondy nepřekročí 20 % naměřeného rozdílu tj. cca 2 °C, rozdělení rovnoměrné. Složka nejistoty je tedy:

$$u_N = \frac{\delta_N}{\sqrt{3}} = 1,15 \text{ °C}$$

2.8. Vliv přítlaku sondy (u_s), korekce δT_s

Při měření jsme odečetli dvě hodnoty – první z nich byla teplota zjištěná při zatížení sondy pouze vlastní hmotností (ruka jen vede kolmý směr přítlaku) - naměřená hodnota 281,5 °C. Při měření druhé teploty jsme sondu přitlačili silou, která byla citem odhadnuta jako maximální možná vzhledem ke konstrukci sondy (lehký přítlak při dosednutých hrotech sondy). Naměřená hodnota 283,3 °C, rozdíl obou měření je 1,8 °C. Správný přítlak sondy v technických dokumentech nikdy nenajdeme (někdy bývá uvedena časová konstanta sondy, ale bez upřesnění podmínek měření). Odhadneme tedy, že nesprávným přítlakem můžeme způsobit chybu, která nepřekročí 50 % naměřeného rozdílu tj. 0,9 °C, rozdělení rovnoměrné. Složka nejistoty je tedy:

$$u_s = \frac{\delta_s}{\sqrt{3}} = 0,52 \text{ °C}$$

2.9. Rozlišení kalibrovaného měřidla (u_{RM}), korekce δT_{RM}

Rozlišení kalibrovaného měřidla je 1 °C, rozdělení rovnoměrné. Složka nejistoty je tedy:

$$u_{RM} = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 0,29 \text{ °C}$$

3. Určení rozšířené nejistoty

Celková standardní kombinovaná nejistota činí:

$$u^2 = u_{AE}^2 + u_{AM}^2 + u_K^2 + U_D^2 + u_{SB}^2 + u_O^2 + u_P^2 + u_H^2 + u_N^2 + u_s^2 + u_{RM}^2,$$

takže $u = 1,73 \text{ °C}$

Rozšířená kombinovaná standardní nejistota ($k = 2$) je tedy

$$U = k \cdot u = 2 \cdot 1,73 \text{ °C, zaokrouhleno } 3,5 \text{ °C}$$

Chyba měřidla povrchové teploty je tedy **(-12,8 ± 3,5) °C**.

Přehled nejistot

Veličina X_i	Odhad x_i	Standardní nejistota $u(x_i)$	Pravděpo- dobnostní rozdělení	Citlivostní koeficient c_i	Příspěvek k nejistotě $u_i(y)$
T_M	283,0 °C	0,24 °C	Normální	1	0,24 °C
T_E	295,8 °C	0,19 °C	Normální	-1	-0,19 °C
δT_K	0,00 °C	0,25 °C	Normální	-1	-0,25 °C
δT_D	0,00 °C	0,35 °C	Rovnoměrné	-1	-0,35 °C
δT_{SB}	0,00 °C	0,29 °C	Rovnoměrné	1	0,29 °C
δT_O	0,00 °C	0,87 °C	Rovnoměrné	1	0,87 °C
δT_P	0,00 °C	0,29 °C	Rovnoměrné	1	0,29 °C
δT_H	0,00 °C	0,31 °C	Rovnoměrné	1	0,31 °C
δT_N	0,00 °C	1,15 °C	Rovnoměrné	1	1,15 °C
δT_S	0,00 °C	0,52 °C	Rovnoměrné	1	0,52 °C
δT_{RM}	0,00 °C	0,29 °C	Rovnoměrné	1	0,29 °C
E_x	-12,8 °C				1,73 °C

Odhad velikosti dílčích nejistot bude vždy záviset na zkušenosti pracovníka provádějícího měření. Uvedený postup vyplývá z praxe pracoviště autora a z konkrétního provedení dotykového bloku. Většinu sond pro měření povrchových teplot lze zobecnit do některé ze zobrazených variant (**obr. 2** nebo **obr. 3**).

Proto je vhodné zpracovat vlastnosti dotykových bloků pro uvedené typy sond např. ve formě typických průběhů jednotlivých vlivů, a používat je jako pomůcku pro určování nejistot při všech prováděných kalibracích. Odlišnost přístupu k určování jednotlivých složek U_c se může projevit při zpracování výsledků mezilaboratorních porovnávání zkoušek. V tomto případě by měla být jednoznačně stanovena pravidla, podle kterých bude U_c stanovena. V opačném případě budou výsledky jen obtížně srovnatelné. Matematický vzorec pro kritérium E_n nemůže postihnout skutečnost, že odhad nepřesnosti měření povrchové teploty je značně subjektivní.

Z předchozího příkladu a z obrázků uvedených v **dodatku** si můžeme vytvořit představu o velikosti nejistot při měření teploměry se sondami pro povrchová měření teplot. Od měření povrchových teplot (podobně jako od měření bezdotykovými teploměry) očekávají mnozí uživatelé skvělé vlastnosti, které neodpovídají použitému principu měření. Rychlost indikace je na úkor přesnosti, což je v technické praxi naprosto běžné. Příspěvek by měl sloužit k zamyšlení nad reálnými možnostmi povrchového měření teplot.

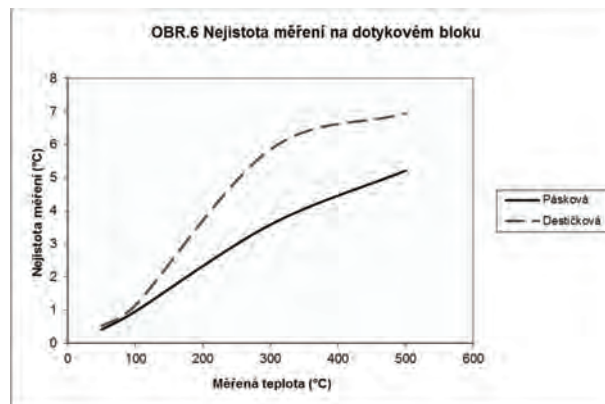
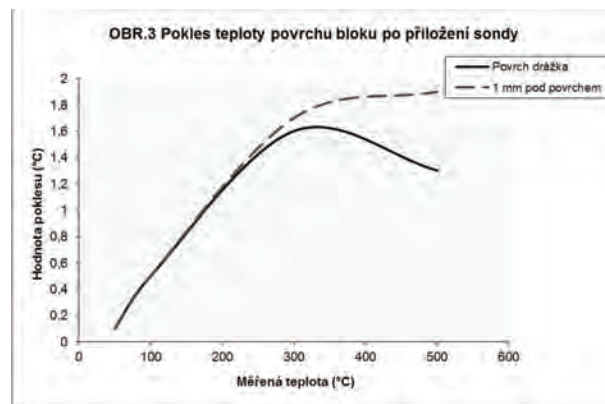
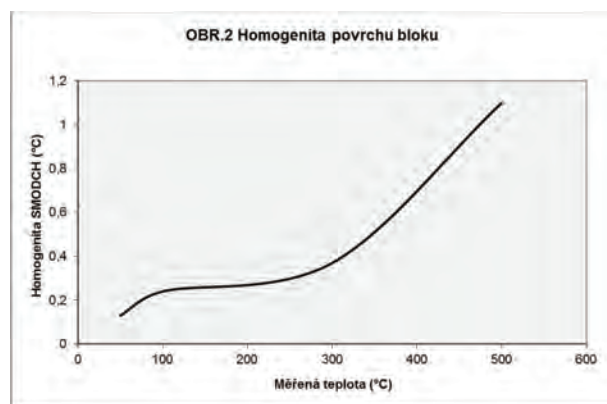
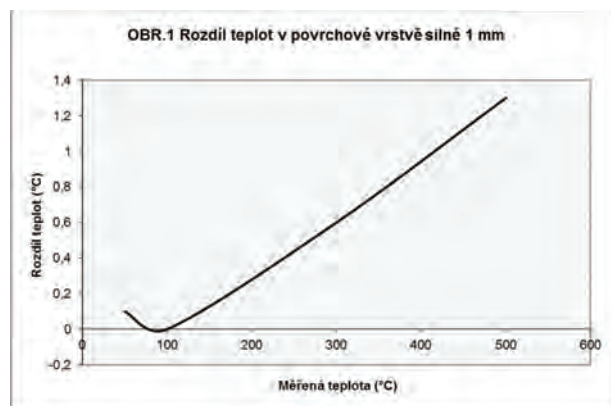
Použitá a doporučená literatura

- [1] ČSN EN 60584-1 (25 8331). Termoelektrické články – Část 1: Referenční tabulky. 1997/12.
- [2] ČSN IEC 584-2 (25 8331). Termoelektrické články – Část 2: Tolerance. Vyd. 1994/08.
- [3] ČSN EN 60751 (25 8340). Průmyslové platinové odporové teploměry a platinové snímače teploty. Vyd. 2009/06
- [4] Dokument EA 4/02: Vyjadřování nejistot měření při kalibracích. Vyd. 2000/03. Překlad ČIA.

Dodatek

Tento dodatek popisuje výsledky měření, provedených na dotykovém bloku. Obrázky jsou v dodatku číslovány samostatně, tedy znovu od čísla 1.

Na připojených grafech jsou ukázány poměry na povrchu používaného bloku pro uvedené dva typy sond – páskovou (4 distanční hroty na kružnici o průměru 10 mm, mezi nimi lehce klenuté zkřížené pásy větví termoelektrického článku o šířce pásků 1,5 mm, délka činné části 11 mm) a destičkovou (na konci stonku o průměru 2,5 mm zúžení na průměr 1,5 mm, snímací element ve tvaru kruhové destičky průměru 4 mm a tloušťky 1 mm). Průběhy jsou zpracovány pro nejběžnější kalibrační rozmezí dotykových sond, tj. (50 až 500) °C. **Obr. 1** zachycuje rozdíl mezi teplotou dotykové plochy bloku a teplotou v hloubce 1 mm pod povrchem přibližně v ose válcového bloku. Homogenita bloku popsaná v příspěvku je zobrazena na **obr. 2**. Z **obr. 3** je patrný pokles teploty obou měřených míst bloku po přiložení páskové sondy na dotykovou plochu. **Obr. 4** a **obr. 5** demonstrují vliv náklonu a přitlaku u obou popsaných typů sond. Na **obr. 6** je zachycen typický průběh rozšířené nejistoty měření při použití uvedeného dotykového bloku opět pro oba typy sond. Z uvedených průběhů je patrný určitý zlom v oblasti kolem teploty 300 °C, kdy jednotlivé složky mění svůj charakter.



ORGANIZACE PRÁCE V LABORATOŘI – 1

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.

Předmluva k zamyšlení.

Při jednom z prvních auditů kalibrační laboratoře velmi významného podniku nás jeho vedoucí uvítal slovy: „Na této policiče vidíte příručky jakosti pro jiné významné organizace působící v oblasti jakosti – a jak to chcete vy?“ Tedy – nevyčází se z vlastních potřeb, ale uděláme auditorovi, k čemu nás donutí.

Není nic horšího, než když kalibrační nebo zkušební laboratoř má dokumenty zavedeny jen proto, aby prošla audit, a mezi návštěvami posuzovatelů se na vše rychle zapomene!

Úvod

Každá laboratoř má zájem produkovat kvalitní výsledky, ale při tom má zájem i na zachování rozumných postupů laboratorního řízení. Někdy jsou tyto postupy uvedeny v obecné rovině, jako správná laboratorní praxe; pro akreditované laboratoře základní zásady správné laboratorní praxe shrnuje norma ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 *Posuzování shody – Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří*. Je to hlavní ISO standard, který používají zkušební a kalibrační laboratoře. Normy pro zkoušení a pro akreditaci prošly vývojem trvajícím přes půl století a snaží se zachytit, pokud možno v obecné formě, základní požadavky dobré laboratorní práce, aby mohly platit mezioborově. Jejich citlivá a správná aplikace ušetří laboratoři mnoho let získávání zkušeností. Některé vnitrostátní systémy (např. UKAS M10 ve Velké Británii nebo řada metrologických norem GOST 8000 v SSSR) byly předchůdci ISO/IEC 17025:1999, ale byly někdy nadměrně normativní. Předchůdcem byla i evropská norma EN 45001, která byla stažena po vydání ISO/IEC 17025. V souladu s jinými normami kvality ISO, i EN ISO/IEC 17025:2005 vyžaduje pravidelné interní audity a očekává neustálé zlepšování. Navíc se očekává, že laboratoř bude držet krok s vědeckým a technickým pokrokem v příslušných oblastech. Ve srovnání s jinými akreditačními normami série ISO 17000 (a na rozdíl od většiny norem ISO pro systémy managementu), třetí strana při auditu (hodnocení) laboratoře je obvykle národní organizace odpovědná za akreditaci. Stručně řečeno, akreditace se liší od certifikace přidáním pojmu třetí strany (akreditační orgán), který prokazuje technické způsobilosti v laboratoři, které jsou specifické pro rozsah akreditace, kromě jeho dodržování a fungování v rámci dokumentovaného systému jakosti. Aby akreditační orgány uznaly akreditaci mezinárodně, International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) vypracoval metody hodnocení akreditačních orgánů mezi sebou v normě ISO (ISO / IEC Guide 58 – který se stal ISO / IEC 17011). Po celém světě, v geopolitických oblastech, jako je Evropské společenství, Asijsko-Pacifická oblast, Amerika a další, je zajištěna regionální kooperace řízení práce potřebné pro takové vzájemné uznávání. Tyto regionální orgány (všechny pracují pod zastřešením

ILAC) zahrnují evropské spolupráce v oblasti akreditace (EA), Asijsko-pacifické spolupráce v akreditaci laboratoří (APLAC), Jihoafrické spolupráce v akreditaci (SADCA) a Inter-American spolupráce v akreditaci (IAAC).

Jak to vše vzniklo?

Na počátku byl Sir John Percival Madsen, hlavní iniciátor, a Gerald Lightfoot, patentář a normalizátor, a Rayner Heblewhite, voják. **Lightfoot dal systému eleganci rodilého Angličana, patentáře a normalizátora, Madsen technickou kvalitu vědce a Heblewhite vojenský řád.** Smyslem bylo dát v době 2. světové války laboratořím v Austrálii návod k udržení jakosti, nutné pro vojenskou výrobu. Nejzajímavější osobností, která položila základy systému akreditace, byl Sir John Percival Madsen (1879–1969), fyzik a inženýr, který se narodil 1879 v Austrálii jako nejstarší ze šesti dětí přistěhovaného dánského zeměměřiče. Vzdělání získal v University of Sydney, od roku 1901 přednášel matematiku a fyziku. Již tehdy dělal studie, vztahující se k radioaktivitě a rentgenům. Jako profesor elektrotechniky pak pracoval v letech 1920–49. Řídil vývoj elektrotechnických kurzů v souladu s pevným přesvědčením, že úspěch v praxi závisí na pevném základu znalostí i vědy. Nevěnoval už tehdy zbytečný čas informacím snadno dostupným z knih a časopisů, ale soustředil se na praxi. Když vypukla druhá světová válka, Madsen vedl australský příspěvek k spojeneckému vývoji radaru a byl iniciátorem vytvoření **systému pověřených laboratoří**. Zároveň Madsen neúspěšně navrhl zřízení a udržování národních etalonů měr a vah Austrálie, funkci přidělené institutu CSIR podle jeho zákona. Protože neprosadil rozvoj v CSIR, udržoval etalony v Národní etalonové laboratoři se sídlem v areálu univerzity. Jeho energie, představitost, vytrvalost a síla přesvědčování měly hluboký a trvalý vliv na mnoho aspektů australského života a ve spolupráci s ostatními jmenovanými trvale ovlivnil i vývoj měření v celém světě.

První subjekty laboratorní akreditace, zřízené podle zkušeností z 2. světové války, byly NATA v Austrálii (1947) a TELARC na Novém Zélandu (1973). Pak podle tohoto modelu po roce 1968 vznikly Namas (UKAS) ve Velké Británii, FINAS ve Finsku a DANAK v Dánsku, a následně řada dalších, včetně ČIA a systém se stal celosvětovým.



Obr. 1: Sir John Madsen a Gerald Lightfoot, hlavní iniciátoři vzniku akreditace

Dokumentace

Metrologie v praxi je na úrovni akreditovaných kalibračních a zkušebních laboratoří povinně a na úrovni neakreditovaných podnikových metrologických útvarů nepovinně organizována podle normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 *Posuzování shody – Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří*. Tato norma shrnuje celosvětové zkušenosti s optimální organizací práce kalibrační nebo zkušební laboratoře a vyvíjela se do dnešní podoby 70 let. Také u nás je zkušenost s organizací metrologických středisek více než 50letá. Proto je na čase shrnout a formulovat výklad a souvislosti optimální organizace práce kalibrační laboratoře. Text se dále zaměřuje na to, co v normě 17025 není přesně požadováno, ale přesto stojí podle mínění autora tohoto článku za zamyšlení. Výhodou akreditace pro zákazníka by mělo být mimo jiné i průhledné a předvídatelné chování akreditované laboratoře, dané požadavky normy EN ISO/IEC 17025:2005.

Dokumentace akreditace je založena na dvou základních myšlenkách,

- řekni a zapiš, co děláš,
- dělej, to co jsi řekl,

vše v rozsahu požadavků normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2005. Bez dokumentace by nešlo o dobré řízení, ale o chaos. Bez záznamů by nebylo možno dosáhnout pořádku a prokázat odpovědnost. V oblasti dokumentace lze snadno sklouznout do nebezpečné pasti přebujelé administrativy, kterou vyvolává snadné použití kláves CTRL COPY – CTRL VLOŽIT. Tím se do dokumentace často dostaly úplné nesmysly. Například DKD/VDE /VDI neopakuje společné části metodik (pravidla pro přejímání kalibrovaných měřidel), ale dává společné části do jednoho dokumentu. Lidé mají potřebu vykázat činnost zbytečně obsáhlým popisováním, ale uvědomme si, že dokumenty je třeba číst, používat a udržovat v aktuálním stavu. Kromě základní dokumentace je třeba vést záznamy, které poskytují důkazy a jejich úplnost a zařazení do systému je největší slabinou převážné většiny našich laboratoří. Udržování dokumentace a vedení záznamů pochopitelně představuje administrativu navíc, ale nejde o nic samoúčelného. Hlavní je vytvořit systém záznamů k efektivnímu fungování laboratoře. Nesmí být zbytečně rozsáhlý, aby pracovníci mohli dokumenty rychle přečíst a porozumět jim. Nezapomeňme ale, že i podle norem jakosti: „Rozsah dokumentace se může v jednotlivých organizacích lišit, a to s ohledem na jejich obsah a rozsah činnosti“.

Důležitá je zejména struktura dokumentace. Musí být přehledná se snadno dohledatelnými doklady. Při vhodném členění se snadno vyhneme duplicitním popisům, které komplikují údržbu, ale i zajištění dokladování všeho potřebného. Nejlepším řešením je vést dokumentaci v elektronické podobě. To je nejen jako dokumenty ve Wordu, ale od určité velikosti laboratoře i v systému pro správu dokumentů, který přinese další výhody.

Dokumentace systému managementu kvality bývá v organizaci obvykle členěna do tří úrovní (návod pro tvorbu dokumentace poskytuje norma ČSN ISO/TR 10013 Směrnice pro dokumentaci systému managementu jakosti) a je znázor-

něna na **obr. 2**. Norma platí již 10 let, ale do našich laboratoří dosud příliš nepronikla; ale i tak je většina dokumentace obvykle psána v souladu se zásadami této normy.



Obr. 2: Dokumentace

Dokumentace systému managementu podle **obr. 2** obvykle zahrnuje:

Úroveň I (A) příručka kvality;

Úroveň II (B) dokumentované postupy (popisují činnosti, které procházejí různými funkcemi);

Úroveň III (C) pracovní instrukce (popisují provedení všech rozhodujících činností jedné funkce);

Norma 17025 ani norma 10013 blíže neřeší, kde a jak mají být zařazeny další související dokumenty a doklady, jako jsou například – popsáno obecně:

- formuláře (dokument pro shromažďování údajů o provedených činnostech a dosažených výsledcích, dokládajících soulad s požadavky systému managementu kvality);
- plány kvality (specifikují postupy a zdroje související s daným projektem, produktem, procesem nebo smlouvou a kdo a kdy je používá);
- specifikace;
- externí dokumenty (požadavky zákonů a předpisů, normy, pravidla a příručky pro údržbu atd.);
- záznamy (dokumenty, v nichž jsou uvedeny výsledky nebo které podávají důkaz o provedení činnosti; nositelé informací o tom, co se vlastně v organizaci děje), např. plán návaznosti etalonů.

Úroveň I (A) Příručka kvality

Příručka kvality je stěžejní dokument vytvořený a udržovaný organizací, ve kterém je specifikován systém managementu kvality. Má v praxi většinou proklamativní charakter a konkrétnější údaje se dají najít v dokumentech úrovně 2 a úrovně 3.

Úroveň II (B) dokumentované postupy

Tato úroveň asi nedělá problémy u většiny laboratoří. Počet dokumentů a jejich obsah je různý, podle velikosti, zaměření i historie laboratoře. V tomto příspěvku se jí nebudeme věnovat.

Úroveň III (C)

Sem spadají všechny technické dokumenty i výběr metod a metodiky měření a jejich zařazení do systému. Této oblasti

se věnovala a věnuje velmi velká pozornost. Řada oblastí měření je popsána technickými normami i řadou dalších dokumentů, jako jsou například materiály OIML pro oblast měření v legální metrologii, ale vždy zůstane velká řada měření mimo normativně zpracovanou oblast. Rozvoj metodik měření je podporován v řadě zemí. U nás je to v rámci programu rozvoje metrologie, kde už na tuto problematiku bylo věnováno mnoho prostředků. Není to ale jen v ČR, ale například i na Slovensku. Řada velmi kvalitních materiálů vznikla v Německu, Velké Británii, Itálii i řadě dalších zemí. Do roku 2002 měla i Evropská akreditace snahu o celoevropské sjednocování metodik měření.

Kalibrační laboratoře lze pro další úvahy rozdělit podle obsahu a rozsahu jejich činnosti. Z toho potom plynou rozdílná optimální řešení požadavků organizace práce v laboratoři. Větší laboratoř má i větší možnosti činnosti a odpovědnost rozdělit mezi více pracovníků.

Klasifikace kalibračních laboratoří

Podle zaměření činnosti můžeme laboratoře dělit na **laboratoře pro běžnou praxi** (shop level floor) a na **laboratoře vědecké**.

První z nich představují převážnou část **kalibračních laboratoří v praxi**. Hlavním znakem je použití komerčně vyrobených etalonů a etalonových zařízení v úrovni přesnosti dané jejich specifikací.

Vědecké laboratoře jsou charakteristické **nižší nejistotou**, než poskytují komerční zařízení, s unikátním etalonem vzniklými vlastním vývojem. Jsou to některá pracoviště národních metrologických institutů.

Podle počtu pracovníků (rozsahu měření) lze laboratoře dělit na **velmi malé**, s jedním až 2 pracovníky pro jeden nebo i více oborů činnosti, což je poměrně častý stav. Druhou skupinu představují laboratoře **malé**, s jedním až 3 pracovníky na jeden obor měření. Laboratoře **velké** mívají 3 až 5 pracovníků na obor a ty, které můžeme označit jako **velmi velké**, disponují typicky **více než 5 pracovníky** na obor měření.

Uvedené členění bylo zopakováno proto, že má velký vliv na to, jak mají být v laboratoři rozepsány požadavky normy na jednotlivé pracovníky. Čím větší je laboratoř a čím

vyšší deklaruje technickou úroveň, tím větší jsou možnosti řešení úkolů.

Malá a velmi malá laboratoř zaměřená pro běžnou praxi:

- má i jednodušší systém dokumentace,
- základem je etalon externě navazovaný,
- laboratoř pracuje s nejistotami vycházejícími ze specifikace etalonu,
- Změny CMC, proti odvozeným z kalibrace a specifikace nejsou obvyklé,
- rekalkulační interval je kratší, obvykle 1 rok, protože není dostatek prostředků pro mezilhůtová porovnání,
- laboratoř má obvykle jednoho signátora,
- laboratoř sleduje trendy driftu jen na základě externích kalibrací.

Velká laboratoř a vědecká laboratoř:

- má podrobnější dělbu práce i dělbu odpovědností,
- má garanty oboru (veličiny),
- má více signátorů,
- používá více metod validace,
- věnuje se více studiu a vzdělávání,
- má mít vyspělejší systém hodnocení metrologických parametrů.

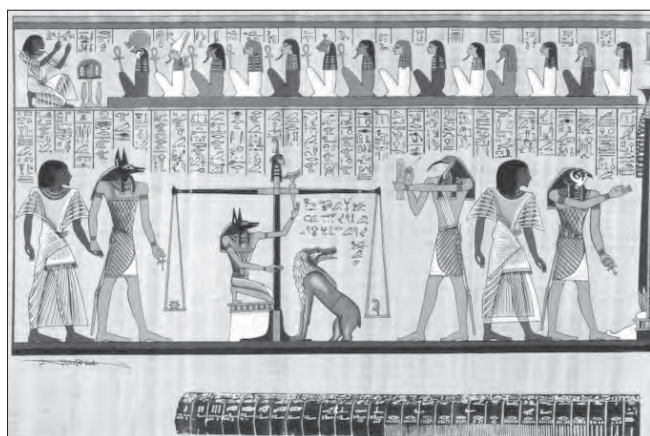
Závěr části 1

Organizace práce kalibrační laboratoře nebo zkušebny je nyní celosvětově sjednocena podle požadavků ISO/IEC 17025:2005 Posuzování shody – Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří. Protože se u většiny laboratoří v praxi se už systém zaběhl do zavedeného stereotypu, (a většinou nemají pracovníci povědomí, jak se výklad téhož předpisu dělá v jiné laboratoři nebo i v jiné zemi), pokoušíme se tímto seriálem připomenout hlavní zásady a souvislosti. Seriál bude pokračovat ve členění podle kapitoly 5 normy ISO/IEC 17025:2005 s rozšířenými komentáři, co je základem plnění normy a co dobrou laboratorní praxí ve smyslu požadavků stálého zlepšování u norem managementu jakosti.

Druhá část v příštím čísle se bude věnovat podrobněji **čl. 5.2, Osoby pracující v laboratoři** normy ISO/IEC 17025:2005

Literatura

- [1] ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 Posuzování shody – Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří
- [2] ČSN EN ISO 9000:2001 Systémy managementu jakosti – Základy, zásady a slovník
- [3] ČSN EN ISO 9001:2001 Systémy managementu jakosti – Požadavky
- [4] ČSN EN ISO 9004:2001 Systémy managementu jakosti – Směrnice pro zlepšování výkonnosti
- [5] ČSN ISO/TR 10013:2002 Směrnice pro dokumentaci systému managementu jakosti
- [6] ČSN EN ISO 19 011:2003 Směrnice pro auditování systémů managementu jakosti a/nebo environmentu



Obr. 3: Organizaci práce při měření se lidé věnovali už od doby starého Egypta

STANOVOVÁNÍ KALIBRAČNÍCH INTERVALŮ

Ing. František Jelínek, CSc.

Český metrologický institut

Úvod

Nutnou cestou k zajištění spolehlivých výsledků kalibrace a měření se zaručenou metrologickou návazností je periodická kalibrace měřicích přístrojů, pracovních a referenčních etalonů. Periodicita kalibrací je nutná vzhledem k stárnutí měřicích přístrojů, k jejich opotřebení, k jevům jako je drift nuly nebo referenčního napětí atd. Kalibrací, případně adjustací, se zajistí shoda chování přístroje se specifikací, ale během následujícího času vlastně o vlastnostech přístroje aktuální informace nemáme a musíme pracovat s pravděpodobností a předpokladem jeho chování. Proto je důležité určit okamžik, ve kterém kalibraci zopakujeme (kalibrační interval) a v mezidobí, pokud je to možné, kontrolovat chování přístroje například metodou tzv. „černé skříňky“.

Cílem tohoto příspěvku je upozornit laboratoře na metody stanovení kalibračního intervalu, souvislosti s požadavky normy ČSN ISO/IEC 17025 a na možnosti získání dalších informací. Z bohaté literatury věnované tomuto tématu patří k nejpotřebnějším prameny [1] a [2].

Kalibračním intervalem rozumíme dobu mezi dvěma po sobě následujícími kalibracemi (kalendářní údaj) nebo počet provozních hodin mezi dvěma kalibracemi nebo dokonce množství provedených měření. Typickým příkladem pro určení kalibračního intervalu těmito způsoby jsou sady koncových měrek – ta, která slouží jako hlavní etalon laboratoře, bude mít stanovenou kalendářní periodu, zatímco sada užívaná v provozu bude rekalibrována vždy po určitém počtu použití.

1 Některé požadavky normy ČSN ISO/IEC 17025

Každá laboratoř, zkušebna nebo měřicí pracoviště se musí vyrovnat s požadavky popsány v různých normách, ale obecně hlavně s přirozenými požadavky na zajištění jednotnosti a správnosti výsledků měření. V případě akreditovaného pracoviště je třeba vyhovět požadavkům například normy ČSN ISO/IEC 17025 [3], ale jednoduše a správnost měřidel musí (§ 11 odst. 5 zákona č. 505/1990 Sb. v platném znění) zajistit v potřebném rozsahu každý jejich uživatel; podotkneme, že sám a sám také je za plnění tohoto požadavku odpovědný. Z toho také vyplývá, že uživatel určuje i kalibrační interval. Poněkud jiná je situace u stanovených měřidel, podléhajících povinnému ověřování, kde jsou lhůty stanoveny předpisem [4].

Požadavky normy ČSN ISO/IEC 17025 jsou dobrým vodítkem pro práci laboratoře i v zacházení s měřidly a etalony. Pro zjednodušení bude nadále v tomto příspěvku používáno pro měřicí přístroje i systémy pouze označení „měřidlo“.

K tématu kalibračních intervalů se v různé míře vztahují všechny části kapitoly 5 normy, „Technické požadavky“. Především, podle bodu 5.5.2 musí měřidlo odpovídat účelu a specifikacím, vztahujícím se k daným měřením nebo

zkouškám, tj. musí být schopno dosáhnout požadované přesnosti; měřidlo musí být řízeno ve vhodném kalibračním programu.

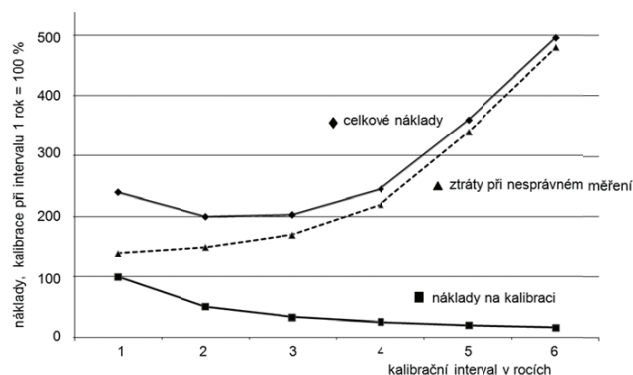
V bodu 5.5.5 jsou popsány minimální požadavky na dokumentaci měřidla. Je třeba zdůraznit požadavek podle bodu 5.5.5, písmeno f). Zde se uvádí, že záznamy musí obsahovat výsledky protokolů a certifikátů o všech kalibracích, justování, přejímacích kritériích a o datu příští kalibrace. Takto vedené záznamy a sběr údajů jsou nutnou podmínkou pro správné stanovení kalibračních intervalů.

Dalším požadavkem normy ČSN EN ISO/IEC 17025 je podle bodu 5.5.8 to, aby všechna měřidla vedená laboratoří a vyžadující kalibraci byla (tam, kde je to uskutečnitelné) označena tak, aby byl zřejmý stav kalibrace, datum, kdy měřidlo bylo kalibrováno a kdy končí platnost jeho kalibrace. Na trhu je široká nabídka hotových štítků i prací na zakázku.

Podle používané metody měření, povahy měřidel a podle délky zvoleného kalibračního intervalu je třeba rozhodnout, zda je pro zajištění správnosti měření potřeba provádět **kontroly i mezi kalibracemi**. Je-li tomu tak, musí laboratoř stanovit odpovídající postup a provádět kontroly stanoveným postupem a v určených termínech (ČSN ISO/IEC 17025:2005 odstavce 5.5.10. a 5.6.3.3).

2 Optimalizace kalibračního intervalu

Kalibrace samozřejmě něco stojí, a to nejen samotný výkon – musíme uvažovat i náklady uživatele vzniklé tím, že příslušnou operaci nelze provádět nebo tím, že musí pořídit a udržovat náhradní měřidlo. Na druhé straně může měřidlo bez kalibrace nebo s kalibrací provedenou pozdě způsobit významné ztráty zaviněné zmetky ve výrobě, nedodržením smluvních podmínek pro služby nebo výrobky, dokonce může vést i k právnímu postihu firmy. Je tedy zřejmé, že stanovení kalibračního intervalu má kromě technických i ekonomické souvislosti.



Obr. 1: Ilustrace k optimalizaci kalibračního intervalu

Stanovit **optimální kalibrační interval** je ovšem obtížné, zejména v kvantifikovaném hodnocení rizik. Zde velmi záleží na zkušenosti, odhadu a povaze výroby nebo služeb, kterým měřidlo slouží. Je také třeba uvažovat „dobré jméno“ laboratoře. Naproti tomu náklady spojené s opakovanou kalibrací je možné kvantifikovat celkem dobře. Na obr. 1 je

schematicky naznačen postup určení optimálního kalibračního intervalu. Je ale třeba zdůraznit, že takto odhadnutý interval může být využit pouze tehdy, je-li kratší, než interval stanovený podle kritéria shody s požadavky na správnost měření. Samozřejmě jsou i tyto požadavky předmětem úvah – měly by vždy odpovídat potřebě daného měření. Příklad na **obr. 1** vychází z předpokladu, že riziko při intervalu 1 rok je minimální, ale i tak srovnatelné s náklady kalibrace.

3 Stanovení kalibračního intervalu

Délku kalibračního intervalu ovlivňuje

- požadovaná nejistota měření,
- váha rizika při překročení dovolené chyby měřidla,
- druh měřicího prostředku,
- náchylnost k opotřebení nebo driftu,
- rozsah a intenzita používání (někdy je v ní kalibrační interval určen),
- možnost a četnost mezikalibračních kontrol,
- stav prostředí (klima, prašnost, vibrace, ...),
- kvalifikace obsluhy,
- zkušenost s provozem daného měřidla.

Při stanovení kalibračního intervalu se bere v úvahu trend charakteristik měřidla z předchozích období, informace ze záznamů o poškození, údržbě, servisu a opravách, frekvence a jakost *mezikalibračních kontrol* (základní údržba + kontrola např. ve významném pracovním bodě), doporučení výrobce (viz např. stránky fy Rohde & Schwarz, [5]), analogie s jinými uživateli, doporučení kalibrační laboratoře.

Doba platnosti kalibrace může být stanovena **samotným uživatelem** (důležitým podkladem jsou výsledky kalibrací, proto je nutné **shromažďovat a sledovat údaje** předcházejících kalibrací) nebo **doporučena kalibrační laboratoří** - na základě požadavku vlastníka měřidla (ten ale vždy rozhoduje a za výsledek odpovídá). Podle normy ČSN EN ISO/IEC 17025 nesmí kalibrační list (nebo kalibrační značka) obsahovat žádné doporučení, týkající se intervalu kalibrace s výjimkou doporučení, které bylo **dohodnuto** se zákazníkem. V případě, že si zákazník přeje stanovit dobu platnosti kalibrace kalibrační laboratoří, musí tak učinit pomocí objednávky.

Výhoda jsou zkušenosti kalibrační laboratoře a její banka dat, na druhé straně ovšem může být doporučen zbytečně krátký interval s cílem snížení rizika nebo možná i s myšlenkou na další zakázku.

Zvláštní postavení mají **stanovená měřidla** – pro ta je interval ověření (jehož částí je kalibrace) stanoven zákonnými předpisy, v současné době vyhláškou Ministerstva průmyslu a obchodu č. 345/2002 Sb., kterou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu (vyhláška byla vícekrát novelizována, více na <http://www.unmz.cz/urad/pravni-predpisy-v-oblasti-metrologie>). Interval pro povinné ověření je vyhláškou stanoven na základě dlouhodobého sledování daného druhu měřidla. Do jisté míry může být vzorem i pro stanovení kalibračního intervalu pro pracovní měřidla (tedy ta, která nejsou stanovenými měřidly).

4 Způsoby stanovení kalibračního intervalu

Žádná universální nebo nejlepší metoda, kterou by bylo možno aplikovat na všechny případy, neexistuje. Byly popsány různé postupy určování kalibračních intervalů, do jisté míry vždy spekulativní, s různým podílem využití experimentálních údajů. Pokročilejší metody pracují se statistickým zpracováním dat, hromaděných při kalibraci měřidel jednak v čase a jednak při kalibraci větších souborů měřidel stejného druhu.

V tomto příspěvku se budeme zabývat nejprve

- stanovením počátečního kalibračního intervalu,
 - metodou obecného intervalu,
 - metodou „zapůjčeného“ intervalu,
 - metodami technické analýzy
- a tzv. „metodami reakce“.

Na závěr budou zmíněny metody se statistickým zpracováním dat, zejména metoda testu intervalu.

4.1 Volba počátečního kalibračního intervalu

Při stanovení počátečního kalibračního intervalu u nově zaváděného měřidla obvykle nejsou k dispozici údaje o jeho předchozím chování, můžeme se ale často opřít o doporučení výrobce, o zkušenosti jiných laboratoří nebo o doporučení kalibrační laboratoře. Vždy je třeba uvážit všechny okolnosti a možné ovlivňující faktory tak, jak byly zmíněny v odstavci 3.

Počáteční kalibrační interval se v praxi většinou volí v délce 1 až 3 roky podle druhu a předpokládaného rozsahu využívání měřidla. U kalibračních laboratoří bude častější volbou 1 rok i méně.

Metoda obecného intervalu

Při této metodě je stanoven jeden stejně dlouhý kalibrační interval pro všechna nová měřící a kalibrační zařízení organizace. Interval musí být dostatečně krátký, aby vyloučil neshody u měřidel s nižší (zatím neznámou) spolehlivostí a aby zajistil pořizování dat pro kvalifikovanější rozhodování.

Metoda vede k růstu nákladů na kalibrace a je vhodná jen jako poslední volba, není-li po ruce jiná.

Metoda „zapůjčeného“ intervalu

Při této metodě používá organizace kalibračního intervalu podle zkušeností jiné laboratoře. Je důležité, aby činnosti „vzoru“ byly obdobné v oblasti metod měření, kalibračních procedur, způsobu a četnosti využití měřidel, podmínek prostředí atd.

Jednoduše řečeno – délku intervalů „opisujeme“. Vždy je ovšem třeba přezkoumat, od koho „opisujeme“ a kde se naše poměry liší, abychom určili, co upravit pro svou potřebu.

Metody technické analýzy

Analýza může vycházet z toho, že nový přístroj je určitým způsobem vylepšenou verzí existujícího přístroje, u kterého jsou známy metrologické vlastnosti a dlouhodobé chování, nebo jde o druh měřidla založeného na známém principu. Nutná je analýza konstrukce, při které se zvažuje vliv kritických částí přístroje – možný drift operačních zesi-

lovačů, stabilita časové základny, možnosti opotřebení kontaktních částí, vliv oteplení v provozu, ovlivnění měřeným objektem apod.

Kalibrační interval je opět odhadnut, ale přece jen na základě důkladnějšího rozboru.

4.2 Metody reakce

Jakmile je měřidlo v provozu a má za sebou známou historii, můžeme při úpravách kalibračního intervalu postupovat již kvalifikovaněji, metodami, které jsou jistou obdobou obecných metod plánování experimentu ve smyslu sběru dat a sledování vlivu zásahu během kalibračního procesu.

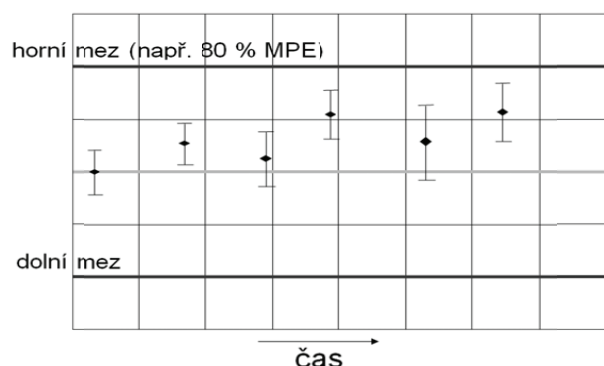
Vychází se z výsledků kalibrace; pokud by ovšem mělo při kalibraci dojít k justování měřidla, musíme brát v úvahu výsledky kalibrace **před justováním**.

Metoda jednoduché reakce spočívá v tom, že se kalibrační interval upraví na základě výsledků nové kalibrace tak, že se buď ponechá, nebo prodlouží, pokud výsledky leží v rozmezí 80 % MPE (meze specifikací se při této metodě doporučuje zvolit na 80 % přípustné maximální chyby); naopak se zkrátí, pokud jsou výsledky mimo pásmo 80 % MPE. Doporučuje se použít pro prodloužení kroku o velikosti 10 % původního intervalu, pro zkrácení kroku až 50 %; při velmi dobré shodě s výsledky předchozí kalibrace je možné i prodloužení intervalu o jeho celou hodnotu.

Tento postup platí pro obě varianty určení kalibračního intervalu, podle kalendářního období nebo podle rozsahu užití.

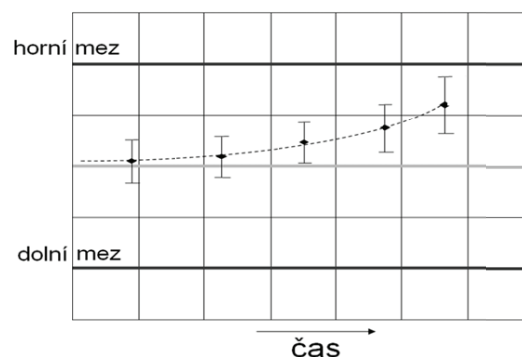
Při **metodě přírůstkové reakce** se krok pro prodloužení nebo zkrácení intervalu progresivně zmenšuje při každé úpravě tak, až se asymptotickým přibližováním dosáhne správného – vyhovujícího intervalu. Současně se již po několika kalibračních intervalech hromadí údaje o historii měřidla, které mohou být dobrým vodítkem.

Některé případy však nedovolují prodloužení intervalu, třebaže by výsledky byly v pásmu 80 % MPE. Takové případy jsou znázorněny na **obr. 2** a **obr. 3**.



Obr. 2: Historie kalibrace – nestabilní chování měřidla

Měřidlo s výsledky opakované kalibrace podle **obr. 2** vykazuje nestabilitu, jejíž příčiny je nutné před případným prodloužením kalibračního intervalu vyšetřit. Výsledky podle **obr. 3** ukazují na zřejmý drift, který se navíc zrychluje; v tomto případě není možné kalibrační interval prodloužit.



Obr. 3: Historie kalibrace – zjevný zrychlující se drift

5 Metoda testu intervalů

Využívá se akumulovaných údajů kalibrační historie. Postup je v principu statistický a jeho výsledkem je doporučení, zda interval upravovat či ne. Sleduje se, zda výsledky kalibrace odpovídají předpokladu, například očekávání, že měřidlo bude v toleranci. Metoda většinou dosáhne správného intervalu v únosném čase a může být použita i tehdy, kdy je poměrně málo známých informací.

Seznámení s algoritmem přesahuje rozsah tohoto úvodního článku, ale dobrý popis je k dispozici v publikaci Recommended Practice RP-1, vydané NCSLI [1]. K metodě se vrátíme v některém z příštích čísel časopisu.

6 Další statistické přístupy

V literatuře se uvádí jako nejčastěji používaná **metoda regulačního diagramu**. Tato metoda srovnává shodné kalibrační body z jednotlivých rekalibrací, které se vynesou do grafu v závislosti na čase. Z grafu se určí rozptyl a dlouhodobá stabilita (drift) etalonu a následně z těchto hodnot se určí tzv. efektivní dlouhodobá stabilita (efektivní drift), který je základem pro stanovení rekalibračního intervalu. Předností metody je zřejmě názornost.

Další, sofistikovanější metody popisuje zmíněný dokument [1]. Užívá se analýzy spolehlivosti ke konstrukci pravděpodobnostní funkce. Při sestavování této funkce je nutné, aby byla známa doba výskytu každého stavu mimo tolerance, ale tyto časy téměř nikdy neznáme, dokumentovány jsou zpravidla jen na začátku a na konci každého kalibračního intervalu. Proto se pracuje s různými modely. Matematický aparát, sběr dat, potřebná kvalifikace omezují použití patrně na laboratoře nejvyšších pater metrologické návaznosti a na využití počítačového zpracování. Hodí se také pro výrobce měřicí techniky, kteří mohou shromáždit množství dat pro soubor měřidel jednoho druhu.

Výhodou je snaha o exaktní přístup, údajně už po několika rekalibracích vedou tyto metody k optimalizaci kalibračního intervalu a hlavně lze odhadnout jeho spolehlivost.

Nevýhodou je nízká spolehlivost v počátečním období a náročnost na statistické zpracování bránící jejímu rozšíření v běžném provozu.

7 Metoda kontroly „černou skříňkou“ - „black-box“

Princip je dobře známý. Kritické parametry se kontroly často (např. každý den) pomocí kalibračního zařízení, přípravku nebo standardu vyrobeného speciálně na kontrolu vybraných parametrů. V případě, kdy se zjistí, že přístroj je mimo toleranci, zašle se na úplnou kalibraci – kalibrační interval se v tomto případě „určil sám“.

Metoda se hodí (a často je nutná) pro složité přístroje a testery, s vysokým rizikem při nesprávném měření (automaty v laboratorní medicíně, testery elektronických součástek).

Výhodou je minimalizace prostojů měřidla a zvýšení spolehlivosti v průběhu kalibračního intervalu. Nevýhodou je, že se konfirmuje pouze část rozsahu.

Obdobou tohoto postupu pro etalony je konfirmační měření v jednom pracovním bodě, či na přesahu rozsahů dvou etalonů v laboratoři; tímto způsobem je možné při aplikaci regulačního diagramu sledovat relativní polohu hodnot obou etalonů (ideální je, pokud nemají porovnávané etalony shodnou konstrukci, tím se minimalizuje riziko shodného driftu).

Závěr

Pozornost věnovaná kalibračnímu programu a účelnému stanovení kalibračního intervalu se v každém případě uživateli měřidla vyplatí. Již jednoduché metody, popsané v tomto článku, vedou k přijatelným výsledkům. Měřidla jsou kalibrována v plánovaných intervalech a tím se zajistí potřebná přesnost a spolehlivost měření. Při praktickém využití jednotlivých metod je vhodné kombinovat je.

Důležité je počítat s rekalibracemi už při návrhu měření a při volbě měřidel, plně dokumentovat systém rekalibrací a periodicky ho vyhodnocovat.

Pro konfirmaci měřidel v organizaci se nabízí mnoho více nebo méně komplexních programů. Je tomu tak při-

rozeně i pro zpracování kalibračních údajů a pro určování kalibračního intervalu. Příklady je možné najít na stránkách [6] nebo [7].

Literatura

- [1] NCSLI „Establishing and Adjustment of Calibration Intervals, Recommended Practice RP-1“. <http://ncsli.org/i/Store/Store/Core/Orders/product.aspx?catid=85&productid=626>
- [2] Český institut pro akreditaci, o.p.s. Dokumenty ILAC. Pokyny pro stanovení kalibračních intervalů měřicích přístrojů, publikace č. ILAC – G24:2007. In: http://www.cai.cz/files/01_08-P030%20ILAC-G24%2020080131.pdf
- [3] ČSN ISO/IEC 17025. Posuzování shody – Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří. 2005. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [4] Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 345/2002 Sb., kterou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu: ve znění pozdějších předpisů. In: 345/2002 Sb.
- [5] ROHDE & SCHWARZ. Doporučené kalibrační intervaly. [online]. [cit. 2012-10-22]. In: http://www2.rohde-schwarz.com/en/service_and_support/Info_Service/Recommended_Calibration_Interval/
- [6] Integrated Science Group. Free Calibration Interval Analysis Software. [online]. [cit. 2012-10-22]. In: http://www.isgmax.com/calint_freeware.htm
- [7] Newton Metrology Ltd. The Predictor. [online]. [cit. 2012-10-22]. In: <http://www.newtonmetrology.com/PredictorFlyer.html>
- [8] Koch R., Losert D.: Řízení kalibrací provozních měřicích přístrojů. Automatizace, Vol. 49 (2006), No. 9, p. 563.



OZNAMOVACÍ POSTUP PODLE DOHODY WTO O TECHNICKÝCH PŘEKÁŽKÁCH OBCHODU

RNDr. Klára Popadičová

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

Důležitým prvkem obchodní a průmyslové politiky EU je oznamovací postup dle Dohody o technických překážkách obchodu (dále jen „Dohoda TBT“), která je jednou ze třinácti vícestranných dohod o obchodu se zbožím dojednaných během tzv. Uruquajského kola, jehož výsledkem bylo založení Světové obchodní organizace (WTO).

Evropská komise zveřejnila dne 3. 6. 2012 svou první „Zprávu u fungování oznamovacího postupu podle Dohody Světové obchodní organizace o technických překážkách

obchodu“ s cílem upozornit evropské orgány, hospodářské subjekty a další zainteresované strany v rámci EU na příležitosti, jež oznamovací postup technických překážek obchodu nabízí, představit nejnovější vývoj tohoto nástroje v posledních letech a doporučit kroky směřující k dalším zlepšením v této oblasti.

Cílem Dohody TBT je usnadnit mezinárodní obchod při současném uznání práva Členů WTO přijímat národní technické předpisy a postupy posuzování shody, které by mohly s ohledem na možné náklady v důsledku rozdílných pravidel vést k technickým překážkám obchodu. Aby bylo zajištěno, že taková opatření nevytvářejí diskriminační nebo zbyteč-

né překážky obchodu, obsahuje Dohoda TBT řadu hmotně-právních (nediskriminace, oprávněnost opatření s ohledem na dosažení stanoveného cíle, využívání příslušných mezinárodních norem) a procesněprávních (oznamování technických předpisů a postupů posuzování shody v takovém stádiu přípravy, aby bylo možno ještě provést změny a vzít v úvahu připomínky) podmínek.

Oznamovací postup technických překážek obchodu je účinným prostředkem zjištění stavu vývoje regulace, pokud jde o zboží ve třetích zemích, a rozšíření povědomí o obecných tendencích v jiných členských státech WTO nebo v jednom konkrétním členském státě WTO. Pokud Členové WTO plní oznamovací povinnost, umožňuje se tím ostatním Členům WTO seznámit se s novými technickými předpisy a postupy posuzování shody a je poskytnut konkrétní způsob, jak reagovat na technické překážky obchodu. Tento postup skutečně napomáhá podnikům EU, včetně malých a středních podniků, zlepšit jejich přístup na trh třetích zemí, neboť umožňuje odhalit a odstranit zbytečné překážky mezinárodního obchodu přímo u zdroje, pomáhá všem zainteresovaným subjektům seznámit se s novými technickými předpisy a postupy posuzování shody jiných Členů WTO, umožňuje vyjádřit se k předpisům jiných Členů WTO před přijetím nových opatření, přispívá ke sbližování technických pravidel, postupů posuzování shody a norem na mezinárodní úrovni.

Právo na podávání formálních připomínek v rámci postupu oznamování dle Dohody TBT mají pouze Členové WTO a neposkytuje se zainteresovaným stranám, například hospodářským subjektům. Připomínky hospodářských subjektů musí být proto zprostředkovány Členem WTO a je na každém z nich, aby stanovil, jak budou obavy jeho hospodářských subjektů zohledněny. Dohoda TBT vyžaduje, aby každý Člen WTO zřídil orgán pro oznamování, který zajistí provádění ustanovení týkajících se oznamovacích postupů a zajistí, aby existovalo informační středisko. V EU plní tyto povinnosti jeden útvar Evropské komise a kromě tohoto oznamovacího a informačního střediska má všech 27 členských států vlastní orgány pro oznamování a informační střediska TBT (v ČR tuto činnost zajišťuje Odbor mezinárodních vztahů ÚNMZ, wto.tbt@unmz.cz, <http://www.unmz.cz/urad/wto-tbt>). Členské státy odpovídají za to, že pokud jejich navrhované vnitrostátní technické předpisy a postupy posuzování shody mohou mít významný dopad na obchod, zajistí jejich oznámení přímo WTO. Odpovědi na připomínky ostatních Členů WTO však poskytuje oznamovací a informační středisko EU po koordinaci s dotčeným členským státem jménem Evropské unie, protože tyto odpovědi jsou považovány za součást společné obchodní politiky, jež spadá do výlučné pravomoci EU. Za účelem usnadnění koordinace mezi všemi zainteresovanými stranami zřídilo oznamovací a informační středisko EU/TBT v roce 2004 vlastní veřejně přístupné internetové stránky TBT (<http://ec.europa.eu/enterprise/tbt/index.cfm?dspLang=en>), které umožňují veřejnosti přístup do databáze TBT obsahující všechny oznamovací formuláře, návrhy textů a případné připomínky. Hospodářské subjekty a další zainteresované

strany si mohou předplatit systém upozorňování na nová oznámení a pravidelně se tak seznamovat s měsíčním přehledem notifikovaných opatření. České oznamovací a informační středisko pravidelně zasílá příslušným orgánům státní správy a dalším zainteresovaným stranám informace o nových oznámeních Členů WTO dle Dohody TBT a umožňuje jim se k těmto oznámením případně ve stanovené lhůtě vyjádřit. V týdenních intervalech také poskytuje přehledy těch oznámení, které by mohly ovlivnit případné obchodní vztahy ČR s vybranými prioritními zeměmi, a to v návaznosti na nový koncept prioritních zemí vypracovaný MPO pro účely nového systému komunikace s podnikatelskou sférou (<http://www.businessinfo.cz/cz/clanek/statni-podpora-exportu/no-ve-prioritni-zeme-pro-export/1000485/53713/>).

Pokud jde o nejnovější vývojové trendy v oblasti oznamování technických překážek obchodu dle Dohody TBT, lze sledovat exponenciální nárůst počtu oznámení technických překážek obchodu vyplývající se zvýšení počtu Členů WTO a z intenzivnější regulační činnosti Členů WTO v posledních pěti letech v nově vznikajících odvětvích, jako je energetická účinnost a informování spotřebitele. Stále však přetrvávají obtíže v dodržování základních povinností plynoucích z oznamovacího postupu, tj. oznamování ve fázi přípravy technického opatření či postupu posuzování shody, využívání možnosti předkládat připomínky (někteří Členové WTO mají stále potíže se sledováním oznámení či zajištěním odborných znalostí potřebných pro analýzu oznámení), stále existují některé „šedé zóny“ související s oblastí působnosti Dohody TBT a s oznamovací povinností.

V současné době používají Komise, členské státy a hospodářské subjekty tento postup účinně. Komise se však domnívá, že existují možnosti ke zlepšení, a proto hodlá přijmout opatření zaměřená na další zvyšování povědomí k podnícení podávání připomínek od hospodářských subjektů EU, včetně malých a středních podniků, na další koordinaci s jinými důležitými nástroji obchodní a průmyslové politiky EU, na podporu fungování oznamovacího postupu technických překážek obchodu na multilaterální a bilaterální úrovni, na dodržování pravidel oznamování v maximální možné míře a na větší koordinaci s členskými státy EU.

Úplný text Zprávy Evropské komise je k dispozici na adrese:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0354:FIN:CS:PDF>



14. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE LEGÁLNÍ METROLOGIE A 47. ZASEDÁNÍ CIML

Ing. Klára Vidimová, Ph.D.

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

RNDr. Pavel Klenovský

Český metrologický institut



Jako každý rok se i v letošním roce uskutečnilo zasedání Mezinárodního výboru pro legální metrologii (CIML), který je operativním řídicím orgánem Mezinárodní organizace pro legální metrologii (OIML). Tato organizace byla založena jako mezivládní organizace již v roce 1955 a má v současnosti celkem 57 plných členských států podílejících se na technické práci organizace a 64 korespondenčních členů, kteří se podílejí na činnosti OIML jako pozorovatelé. Hlavní náplní činnosti organizace je tvorba harmonizovaných předpisů pro oblast legální metrologie. Tyto předpisy mají doporučující charakter a slouží jako základ tvorby národních předpisů. V letošním roce ale bylo zasedání CIML spojeno s Mezinárodní konferencí legální metrologie (dále jen „Konference“), která je vrcholným řídicím orgánem OIML a která se schází jednou za 4 roky.

Představitelem ČR v CIML je od roku 1993 RNDr. Pavel Klenovský, generální ředitel Českého metrologického institutu. CIML se schází jednou ročně za účasti zástupců členských států OIML, aby projednal důležité otázky týkající se legální metrologie. Letošní již 14. Konference OIML a 47. zasedání CIML se konalo ve dnech 1. až 5. října 2012 v Bukurešti v Rumunsku.

Zasedání CIML se v letošním roce zúčastnilo 51 členských států OIML, 13 korespondenčních členů a dále několik zástupců spolupracujících mezinárodních organizací, regionálních organizací působících v oblasti legální metrologie, pozorovatelů a čestných členů OIML. Celkem se jednání zúčastnilo téměř 170 delegátů. Vzhledem k místu konání a nízkým finančním nárokům se Konference tentokrát zúčastnilo všech 9 zaměstnanců BIML, což byla jistě zajíma-

vá příležitost a zkušenost pro všechny. Za Českou republiku se jednání zúčastnili RNDr. Pavel Klenovský jako vedoucí delegace a Ing. Klára Vidimová, Ph.D. Delegace ČR byla jmenována Usnesením Vlády ČR ze dne 26. září 2012 č. 704 a postupovala plně v souladu se zásadami pro jednání, které jsou přílohou tohoto Usnesení.

Jednání CIML zahájil prof. Fanel Iacobescu, generální ředitel Rumunského úřadu pro legální metrologii. Ten byl také ad hoc zvolen předsedou 14. Konference. Místopředsedy Konference byl zvolen RNDr. Pavel Klenovský a pan Stuart Carstens z Jižní Afriky.

Obě zasedání se nesla v přátelském duchu a vzhledem k vynikající přípravě podkladů pro jednání ze strany BIML, které byly členům zaslány předem a jsou dostupné také na webových stránkách zasedání, ani nedošlo k významným diskuzím. Od posledního zasedání Konference před 4 lety byl zvolen nový předseda CIML a nový ředitel BIML. Zejména změna v řízení BIML již nese své ovoce. Nový účetní systém a pravidla pro hospodaření vedou k významným úsporám v oblasti cestovních výloh a nákladů na různá jednání a zasedání. Práce zaměstnanců BIML se odráží také v počtu členských států a zejména korespondenčních členů. Novými korespondenčními členy se stali Gambie, Libérie, Nigérie, Mauritánie, Sierra Leone, Malawi a Namibie. Korespondenčním členem OIML je také jedna organizace – UEMOA (Ekonomická unie západní Afriky, která je podporovaná Francií).

Vzhledem k narůstajícímu počtu členských států, reklasifikaci některých států do vyšší třídy na základě počtu obyvatel a HDP (podle čísel Světové banky) a úsporám v hospodaření se podařila u mezinárodních organizací téměř nevídaná věc. Od roku 2014 dojde ke 3 % snížení základní sazby členských příspěvků a tento se po celé další 4-leté období nebude měnit ani o inflaci.

V oblasti technických činností, které jsou vlastním smyslem práce organizace, byla Konferencí schválena všechna

Doporučení (OIML R) a Dokumenty (OIML D), které byly přijaty na předchozích zasedáních CIML mezi Konferencemi, tj. od roku 2009. Jedná se o tato Doporučení:

- R 35-2:2011 *Material measures of length for general use. Part 2: Test methods*
- R 35-3:2011 *Material measures of length for general use. Part 3: Test report format*
- R 46-1 and R 46-2:2012 *Active electrical energy meters*
- R 80-1:2009 *Road and rail tankers with level gauging. Part 1: Metrological and technical requirements*



MEZINÁRODNÍ SPOLUPRÁCE

- R 106-1:2011 *Automatic rail-weighbridges. Part 1: Metrological and technical requirements - Tests*
- R 106-2:2012 *Automatic rail-weighbridges. Part 2: Test report format*
- R 120:2010 *Standard capacity measures for testing measuring systems for liquids other than water*
- R 126:2012 *Evidential breath analyzers*
- R 134-2:2009 *Automatic instruments for weighing road vehicles in motion and measuring axle loads. Part 2: Test report format*
- R 137-1&2:2012 *Gas meters. Part 1: Metrological and technical requirements and Part 2 Metrological controls and performance tests*
- Am R 138:2009 Amendment to R 138:2007 *Vessels for commercial transactions*
- R 143:2009 *Instruments for the continuous measurement of SO₂ in stationary source emissions*

a dále o tyto Dokumenty OIML:

- D 1:2012 *Considerations for a law on metrology*
 - D 16:2011 *Principles of assurance of metrological control*
- Od posledního zasedání Konference došlo ke zrušení těchto dokumentů OIML:

- D 7 *The evaluation of flow standards and facilities used for testing water meters*
- R 70 *Determination of intrinsic and hysteresis errors of gas analyzers*
- R 73 *Requirements concerning pure gases CO, CO₂, CH₄, H₂, O₂, N₂ and Ar intended for the preparation of reference gas mixtures*

Příští zasedání CIML se uskuteční ve Vietnamu v Ho-Chi-Minhově Městě.

Veškeré informace o činnosti OIML, pořádaných akcích a seminářích, dokumenty a doporučení OIML apod. jsou k dispozici na webové stránce www.oiml.org, která je dostupná kromě angličtiny a francouzštiny také ve španělštině. Dokumenty z jednání CIML a Konference OIML, přijaté rezoluce i přednášky jsou dostupné na stránce www.bucharest.oiml.org.

Materiály, získané během zasedání, jsou k dispozici v odboru metrologie ÚNMZ u Ing. Kláry Vidimové, Ph.D. (vidimova@unmz.cz) a u generálního ředitele ČMI RNDr. Pavla Klenovského (pklenovsky@cmi.cz), kam je možné se obrátit i s případnými dotazy.



NABÍDKA AKCÍ ČMS NA PRVNÍ POLOLETÍ 2013

Ing. Zdeněk Tůma

předseda České metrologické společnosti

Česká metrologická společnost Vám v prvním pololetí roku 2013 nabízí 22. mezinárodní konferenci s výstavou měřicí techniky, která je každoročně naší nejrozsáhlejší akcí, dále řadu seminářů a kurzů, které mohou být ještě doplněny.

6. březen 2013 ČSVTS, 318	K 468-13	Řízení metrologie v organizaci
12.- 13. březen 2013 Plzeň, kongresové centrum PRIMAVERA	Ko 466-13	22. Měřicí technika pro kontrolu jakosti, s výstavou měřicí techniky
15. květen 2013 ČSVTS, 315	S 465-13	Nové kalibrační postupy
22. květen 2013 ČSVTS, 315	K 472-13	Metrologie ve veřejné správě
3. - 6. červen 2013 ČSVTS, 315	K 469-13	38. základní kurz metrologie

Podrobná nabídka všech akcí ČMS, kalibračních postupů i publikací ČMS je trvale k dispozici na webové stránce ČMS www.csvts.cz/cms.

Z webové stránky můžete také stáhnout přihlášky na nabízené akce i žádosti o certifikaci způsobilosti, rozšíření i prodloužení certifikátu.

Nabídku s přihláškou si můžete vyžádat také v sekretariátu ČMS: **tel./fax: 221 082 254**

e-mail: cms-zk@csvts.cz

Certifikační místo má samostatnou e-mailovou adresu: **e-mail: cert-cms@csvts.cz** a **tel.: 221 082 283**

Výhled na podzimní měsíce 2013

Na podzimní měsíce roku 2013 připravujeme řadu seminářů a kurzů, které mohou být ještě doplněny akcemi, které by si vyžadovala situace. Výčet těchto akcí bude ještě doplněn a včas Vás budeme o aktuální nabídce informovat.

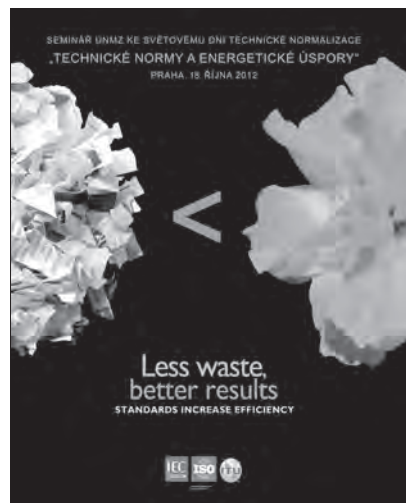
9. říjen 2013 ČSVTS, 318		Řízení metrologie v organizaci
23. říjen 2013 ČSVTS, 318		Metrologie v chemických laboratořích
6. listopad 2013 ČSVTS, 319	Ko 470-13	15. fórum metrologů
20. listopad 2013 ČSVTS, 318		12. kurz pro technické kontrolory
2. – 5. prosinec 2013 ČSVTS, 315		39. základní kurz metrologie

Trvale nabízíme **K 90 Korespondenční kurz metrologie**, který není vázán na pevný termín a studium lze zahájit kdykoliv.

SVĚTOVÝ DEN TECHNICKÉ NORMALIZACE

Bc. Patrik Vagel

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví



Dne 18. října 2012 se v Konferenčním centru na Biskupském dvoře (pracoviště Odboru technické normalizace) uskutečnil seminář při příležitosti oslav Světového dne normalizace. Seminář proběhl pod záštitou ředitele Odboru technické normalizace Ing. Jiřího Kratochvíla. Byl tematicky zaměřen na proble-

matiku úspor energie a jejich podporu aktivitami technické normalizace a jeho název zněl „Technické normy a energetické úspory“. Podobně jako v loňském roce se také letos podařilo zvolenou tematikou přilákat přibližně 60 účastníků. Mediální podporu semináři poskytl časopis ELEKTRO.



V rámci přednáškového bloku vystoupili odborně vysocí fundovaní přednášející jak z akademické sféry, tak



z praxe. Seminář zahájil úvodním slovem ředitel Odboru technické normalizace Ing. Jiří Kratochvíl, který účastníky akce uvítal a krátce pohovořil o významu Světového dne normalizace. Pan ředitel se úspěšně zhostil i role moderátora a celou akci účastníky provázel. Pak již přišla na řadu odborná vystoupení. Prvním přednášejícím byl Ing. Simon Palupčík, MBA, (SGS Czech Republic, s.r.o.) s příspěvkem k problematice energetického managementu jako nástroje konkurenceschopnosti. Následovalo vystoupení Ing. Pavla Chyského (Svaz chladicí a klimatizační techniky), který se zabýval tématem invertorových technologií v chladicí technice. Jako třetí přišel na řadu doc. Ing. Jiří Hirš, CSc., (Fakulta stavební VUT v Brně), který přiblížil problematiku snižování energetické náročnosti budov. Po této velmi obsáhlé přednášce následovala přestávka a po ní pak pokračoval druhý přednáškový blok. Ten započal vystoupením Ing. Petra Vogela zastupujícího Českou radu pro šetrné budovy.



Prezentace vyvolala krátkou, ale velmi živou a podnětnou diskuzi. Jako předposlední přednášející tohoto dne vystoupil Ing. František Kysnar (EnerGoConsult České Budějovice) s problematikou, která nás opět více přiblížila k oblasti energetiky – Inteligentní sítě a obnovitelné zdroje energie. Celý přednáškový blok završilo vystoupení Ing. arch. Kláry Bukolské (VELUX Česká republika), která představila koncept moderního domova – koncept Model Home 2020. K pobavení všech hostů jeden z účastníků semináře paní architektku zaskočil dotazy z ryze českého prostředí, se kterými si ani Evropská komise neví rady. Vystoupení všech přednášejících byla oceněna potleskem účastníků a celý seminář provázela vzájemná výměna názorů a věcná diskuze.

Na závěr poděkoval ředitel Odboru technické normalizace Ing. Jiří Kratochvíl přednášejícím a účastníkům za aktivní přístup k řešení problematice a pozval přítomné k občerstvení ve foyer. Podle reakcí zúčastněných jak během semináře, tak i při dílčích diskuzích nad občerstvením byla obsahová náplň semináře podnětná nejen pro zúčastněné, ale i pro další aktivity realizované ÚNMZ.

NEJISTOTY MĚŘENÍ A VYHODNOCOVÁNÍ SHODY SE SPECIFIKACÍ VE ZKUŠEBNÍ LABORATOŘI

Ing. Jan Černý

Elektrotechnický zkušební ústav

Článek popisuje způsoby, možnosti a problémy používání nejistot měření a vyhodnocování shody se specifikací ve zkušební laboratoři.

Nejistota měření - porovnání zkušebních a kalibračních laboratoří

Přesto, že jsou požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří, uvedeny ve stejné normě ČSN EN ISO/IEC 17025 [1], jsou mezi zkušebními a kalibračními laboratořemi některé významné rozdíly, zejména co se týká významu nejistot měření.

Zkušební laboratoře

Zkouška a měření

Ve zkušebních laboratořích se nemusí vždy provádět měření. Prováděné zkoušky se zabývají obecnějším zjišťováním charakteristik výrobků. V mnoha případech se jedná o kvalitativní zkoušky, kde se zatím o nejistotách neuvažuje. V případě zjišťování dostatečně definované kvantitativní charakteristiky lze sice hovořit o měření, charakteristiku považovat za měřenou veličinu a v průběhu zkoušky měřením určit její hodnotu, přesto však existují rozdíly v praktickém provádění měření mezi kalibrací a zkoušením. K tomu je třeba připustit i specifickou interpretaci nejistot podle oborů a odvětví: například má-li nejistota měření praktický smysl, jaký je její vliv na výsledek zkoušky a podobně. Různé zkušební metody mohou vést k různým výsledkům, neboť charakteristika není nutně definovaná měřenou veličinou. Dosažení jednotnosti je tím možné jen použitím sjednocených národně i mezinárodně normalizovaných zkušebních postupů s jednotnými požadavky na zkušební a měřicí zařízení. To vede k předpokladu přibližně stejných hodnot nejistoty měření u různých laboratoří.

Normalizované zkušební postupy

K výhodám použití norem jako zkušebních postupů patří, že již existují, jsou mezinárodně harmonizované a není třeba je validovat. Nevýhodou je, že většinou zatím neobsahují instrukce ke stanovení ani hodnoty nejistot měření. To komplikuje uvádění nejistot měření ve výsledku zkoušek, pokud je to požadováno, a současně absence rozpočtu nejistoty měření neumožňuje jednoznačně určit, jaká zkušební zařízení mají významný vliv na výsledek zkoušky a jaká ne. Při odlišném odborném názoru laboratoře a odborného posuzovatele při posuzování způsobilosti tím může docházet k rozporům. K nevýhodám norem lze přiřadit i poměrně komplikované a zdlouhavé provádění změn, pokud jsou třeba, a na druhé straně to, že musí být stále platné, takže je třeba sledovat nová vydání a změny a přizpůsobovat se jim.

Předmět zkoušky

Zkušební položku tvoří jeden nebo více vzorků, které většinou reprezentují všechny výrobky konkrétního typu, někdy i ve více variantách.

Závěr

Nejistoty měření se ve zkušebních laboratořích používají jen v omezené míře. Většinou se používají normalizované zkušební postupy. Ty se omezují jen na požadavky na měřicí a zkušební zařízení a instrukce ke stanovení a uvádění nejistot měření ve výsledku zkoušek neobsahují. Nejistoty měření nejsou v přílohách osvědčení o akreditaci a nepoužívají se ani při vyhodnocování výsledků mezilaboratorních porovnání. Pokud organizátoři těchto porovnání nejistoty měření po laboratořích požadují, je to jen kvůli komplexnímu prověření úrovně laboratoře. Hlavním kritériem při mezilaboratorních porovnáních je jednotnost výsledků i úrovně jednotlivých laboratoří.

Pokud zkušební laboratoř provádí interní kalibrace svého měřicího a zkušebního zařízení platí pro ni pro oblast kalibrací stejné požadavky jako na kalibrační laboratoře a nejistoty měření stanovuje a uvádí. Na kalibračních listech jsou nejistoty měření uváděny vždy.

Kalibrační laboratoře

Kalibrace a měření

Při kalibraci měřicího zařízení jde o proces měření. Ten dává výsledek, který je v zásadě nezávislý na metodě měření a liší se pouze různými nejistotami měření. Kalibrační laboratoře se mohou nacházet na různých stupních řetězce návaznosti a mohou tím mít různé etalony, použité postupy, někdy i měřicí principy a proto se mohou významně lišit hodnoty jejich nejistot měření. Kalibrační laboratoře proto běžně používají vlastní kalibrační postupy, které i když vycházejí ze zavedených měřicích principů a metod obsažených v literatuře, normách a publikovaných vzorových kalibračních postupech, obsahují instrukce ke stanovení nejistoty měření a konkrétní používané etalony.

Vlastní kalibrační postupy

K výhodám vlastních kalibračních postupů patří, že obsahují konkrétní používaná zařízení s jasným rozlišením, která mají významný vliv na výsledek měření, instrukce ke stanovení a příklady výpočtu nejistot měření. V případě potřeby lze vlastní postupy poměrně snadno měnit. Nevýhodou vlastních postupů je to, že je někdo musí nejprve odborně zpracovat, musí se validovat a nejsou jednotné.

Předmět kalibrace

Kalibrační položku vždy tvoří konkrétní měřicí přístroj sám za sebe, ne vzorky. Různé položky stejného typu mohou dávat zcela odlišný výsledek kalibrace.

Závěr

V kalibračních laboratořích se nejistota měření stanovuje a přidružuje k výsledku měření vždy. Nejistoty měření jsou

významným měřítkem úrovně kalibrační laboratoře, mají zásadní význam při vyhodnocení mezilaboratorních porovnání a hodnoty nejistot měření se ve formě CMC [9] uvádějí pro jednotlivé veličiny a rozsahy na přílohách osvědčení o akreditaci nebo v databázi klíčových porovnání BIPM vedené CIPM MRA. Nejistota měření je uvedena i přímo v definicích kalibrace a metrologické návaznosti ve VIM [8].

Požadavky na používání a uvádění nejistot měření

Vzhledem k rozdílům uvedeným v předchozí části je pochopitelné, že existují velké rozdíly v požadavcích na používání a uvádění nejistot měření mezi zkušebními a kalibračními laboratořemi jak v základní požadavkové normě ČSN EN ISO/IEC 17025 [1], tak i v dalších souvisejících dokumentech OD – CB2040 [2], EA – 4/16 [3], IEC Guide 115 [4] a ILAC – G17 [5].

Norma ČSN EN ISO/IEC 17025 v kapitole o nejistotách měření sice předepisuje používání nejistot měření, ale v případě zkušebních laboratoří ne tak přísně, jako v případě kalibračních laboratoří. Zatímco v případě kalibrací je třeba nejistoty měření používat a uvádět vždy, v případě zkoušek norma připouští, že v určitých případech to povaha zkušební metody vylučuje. Provádění zkoušek bez nejistoty měření potom umožňuje poznámka 2, která uvádí, že v dobře zvládnuté zkušební metodě, kde jsou specifikovány meze hodnot hlavních zdrojů nejistoty měření a kdy je specifikován způsob uvádění vypočtených výsledků, jsou požadavky normy splněny.

Dokument OD – CB2040 normu ČSN EN ISO/IEC 17025 pro případ zkušebních laboratoří upřesňuje těmito požadavky:

1. Zkušební laboratoř musí mít politiku uvádění nejistoty měření a musí být schopna ji odhadovat.
2. Určení pracovníci laboratoře musí být schopni předvést schopnost výpočtu nejistoty měření při typickém měření prováděném v laboratoři.
3. U kvalitativních zkoušek není odhad nejistoty měření požadován.
4. Pokud je požadováno uvedení nejistoty měření ve výsledku zkoušky, je možné použít typickou hodnotu pro danou zkoušku. Není tedy nutné provádět výpočet nejistoty měření pro každou prováděnou zkoušku.

Dokument IEC Guide 115 [4] vydaný pro elektrotechnický sektor nabízí dvě možnosti vyjádření výsledků kvantitativních zkoušek. Buď bez použití nejistoty měření, kdy jsou při zkoušce specifikovány a plněny stanovené meze hodnot hlavních zdrojů nejistoty měření, zejména měřicího a zkušebního zařízení, nebo je možné nejistotu měření stanovit a uvést ve výsledku zkoušky. Dokument uvádí i obecný postup určení nejistot měření a několik příkladů. Návod k vyhodnocení shody se specifikací potom nejistotu měření, bez ohledu na to byla-li uvedena či nikoliv, nepoužívá. Rozhodující je vždy jen naměřená hodnota bez nejistoty měření. Vzhledem k tomu, že specifikace mezí v normách elektrické bezpečnosti je určena s určitou rezervou, připouští dokument v hraničních případech sníženou pravděpodobnost vyhodnocení shody se specifikací.

Dokumenty EA – 4/16 [3] a ILAC – G17 [5] věnují zvláštní pozornost normalizovaným zkušebním postupům, protože je jasné, že existuje značné množství normalizovaných zkušebních postupů, ve kterých příklady ani hodnoty nejistot měření zatím nejsou. Dokumenty uvádějí, že od zkušebních laboratoří nelze očekávat, že budou dělat víc, než že budou věnovat pozornost informacím, souvisejícím s nejistotou měření, jež jsou uvedeny v příslušné normě a budou takové informace aplikovat. Tedy v případě potřeby uvedou ve výsledku zkoušky příslušnou hodnotu nejistoty měření nebo provedou příslušnou proceduru pro její odhad. Nejistoty měření by měly být součástí normalizovaného zkušebního postupu. Tam, kde tomu tak není a je to potřebné, by normy měly být revidovány příslušnou normalizační organizací.

U normalizovaných zkušebních metod tyto dokumenty rozlišují následující případy:

1. Při použití normalizovaného zkušebního postupu, který obsahuje pokyny ke stanovení a uvádění nejistoty měření: Zkušební laboratoř dodržuje proceduru tak, jak je uvedena v příslušném dokumentu.
2. Při použití normalizovaného zkušebního postupu, který uvádí typickou nejistotu měření pro příslušnou zkoušku: Zkušební laboratoř uvádí tuto hodnotu.
3. Při použití normalizovaného zkušebního postupu, který implicitně zahrnuje nejistotu měření ve výsledcích zkoušky: Od zkušební laboratoře není v této souvislosti zapotřebí žádná další činnost.

Uvádění nejistoty měření ve výsledku zkoušky

Při uvádění nejistoty měření ve výsledku zkoušky, ať už se jedná o typickou nejistotu měření příslušné zkoušky, nebo o nejistotu měření stanovenou podle příslušného pokynu, je třeba uvádět rozšířenou nejistotu měření se stanovenou pravděpodobností pokrytí. Za všeobecně přijatelnou se považuje hodnota pravděpodobnosti pokrytí 95 %. Výsledek zkoušky y a rozšířená nejistota U by měly být potom uváděny, jako $y \pm U$. Rozšířená nejistota U může být uvedena i samostatně, pokud je identifikováno, k jakému výsledku zkoušky se vztahuje. Uvedení rozšířené nejistoty měření by mělo být doprovázeno prohlášením o spolehlivosti, které se liší podle druhu rozdělení pravděpodobnosti rozšířené nejistoty a tím různou hodnotou koeficientu rozšíření. Pro nejčastější normální rozdělení pravděpodobnosti prohlášení zní:

Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k = 2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95 %.

Vyhodnocení shody se specifikací

Ve zkušební laboratoři je vyhodnocení shody se specifikací možné chápat ve dvou rovinách:

1. Jako vyhodnocení výsledku provedené zkoušky a i
2. jako vyhodnocení způsobilosti používaného měřicího a zkušebního zařízení po provedené kalibraci.

Vyhodnocení shody se specifikací by mělo být uvedeno v příslušném zkušebním nebo kalibračním postupu nebo dohodnuto se zákazníkem. V obecnější rovině se jím zabývá

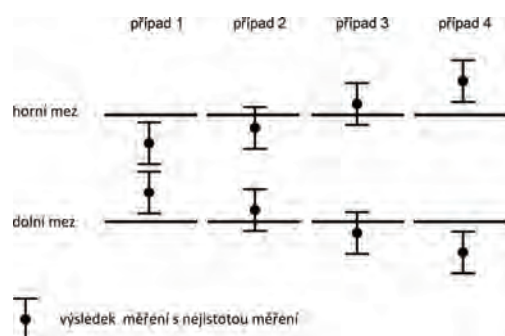
dokument ILAC – G8:03/2009 [6] nebo pro zkoušky v elektrotechnice IEC Guide 115 [4].

Třístavové vyhodnocení

Nejistota měření zavádí do tradičního vyhodnocení shoda / neshoda ještě třetí možnost: Nelze vyhodnotit, tedy ani shoda ani neshoda. Nazveme ho „třístavové“ vyhodnocení. Je to základní vyhodnocení shody se specifikací u výsledků s nejistotou měření.

Lze rozlišit tyto stavy (**obr. 1**):

1. Shoda nebo vyhovuje: Jestliže mez daná specifikací není překročena výsledkem měření zvětšeným (pro horní mez) o rozšířenou nejistotu měření s pravděpodobností pokrytí 95 %, pak je možno vyjádřit shodu se specifikací. Na **obr. 1** jde o případ 1.
2. Neshoda nebo nevyhovuje: Jestliže je mez daná specifikací překročena výsledkem měření zmenšeným (pro horní mez) o rozšířenou nejistotu měření s pravděpodobností pokrytí 95 %, pak je možno vyjádřit neshodu se specifikací. Na **obr. 1** jde o případ 4.
3. Ani shoda ani neshoda: Jestliže bude výsledek měření zvětšený / zmenšený o rozšířenou nejistotu měření s pravděpodobností pokrytí 95 % překrývat mezní hodnotu. Na **obr. 1** jde o případy 2 a 3.



Obr. 1: Třístavové vyhodnocení

Třístavové vyhodnocení se při vyhodnocení výsledků zkoušek většinou nepoužívá. Od výsledků zkoušek se očekává jednoznačný závěr, takže o výsledek „nelze vyhodnotit“ zákazník, který potřebuje splnit právní předpisy, nestojí. Používá se však u vyhodnocení výsledků kalibrace měřicího a zkušebního zařízení, kde je rozhodnutí na uživateli, a tím má případné vyhodnocení kalibrační laboratoře pouze orientační charakter. Ve zkušební laboratoři má proto toto vyhodnocení význam při kontrole shody se specifikací u měřicího a zkušebního zařízení používaného ke zkouškám. Pokud vyhodnocení provádí kalibrační laboratoř v rámci kalibrace, je vždy třeba se konkrétně dohodnout na způsobu jeho provedení a požadované specifikaci. Protože vyhodnocení nemusí být součástí kalibrace, je někdy lepší, když si ho uživatel měřidla udělá sám. Navíc se vyplatí, si předem zjistit měřicí schopnost kalibrace - CMC vybrané kalibrační laboratoře, aby dosažený poměr specifikace kalibrovaného zařízení a nejistoty kalibrace - TUR [10] byl dostatečný. Pro bezproblémové vyhodnocení se doporučuje TUR 4:1 a více, použitelný je TUR do 2:1. V případě menšího poměru se již lze málokdy obejít bez individuálního řešení případů, kdy je výsledek kalibrace v pásmu ne-

jistoty a nelze tedy s požadovanou pravděpodobností pokrytí vyhodnotit ani shodu ani neshodu. V případě měřicího a zkušebního zařízení může uživatel situaci řešit několika způsoby:

1. Měřidlo dostavit a opakovaně kalibrovat, stejně jako když nevyhovuje.
2. Provádět korekci naměřené hodnoty.
3. Zvětšit specifikaci, zejména v případě malého TUR

Závěr

Výhodou tohoto vyhodnocení je jeho univerzálnost, nevýhodou, že neřeší výsledky v pásmu nejistoty. Používá se pro vyhodnocení výsledků kalibrace, kdy se nejistota měření bere v úvahu vždy a o sporných výsledcích může rozhodnout uživatel.

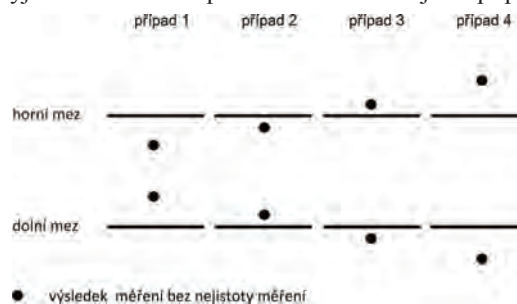
V případě, že je třeba výsledek zkoušky jednoznačně vyhodnotit, je třeba stav „ani shoda ani neshoda“ odstranit. Různá možná řešení této situace vyžadovaná normami nebo jinými dokumenty lze shrnout do dvou dále uvedených metod. Přestože jsou metody variantami třístavového vyhodnocení, nejistoty měření nejsou na obrázcích znázorněny, protože se většinou přímo nepoužívají. Pokud by byly uvedeny ve výsledku, jejich hodnota by odpovídala **obr. 1**. Protože mluvíme o zkušební laboratoři, jsou vyhodnocení uvedena pro případ výsledku zkoušky, což nevylučuje jejich obecné použití. První z těchto vyhodnocení nazveme dvoustavové vyhodnocení se sdíleným rizikem, protože snížená pravděpodobnost pokrytí u hraničních hodnot, kdy se již mez nachází v pásmu předpokládané nejistoty měření, je z obou stran.

Dvoustavové vyhodnocení se sdíleným rizikem

Používá se v případech, kdy normalizované zkušební postupy nebo související dokumenty vyžadují posoudit výsledek bez uvažování nejistoty měření. Zákazník v tom případě přebírá určité riziko, že zkoušený výrobek nemusí splňovat specifikaci. Proto je při tomto postupu třeba dodržet určité podmínky: Musí se jednat o normalizovanou, dobře zvládnutou metodu a musí se definovat a dodržovat specifikace hlavních zdrojů nejistoty měření, zejména měřicího a zkušebního zařízení tak, aby předpokládaná nejistota měření byla přijatelná. Potom se při použití této metody vyhodnocení nejistota měření zpravidla nestanovuje.

Lze rozlišit tyto stavy (**obr. 2**):

1. Shoda: Jestliže mez daná specifikací není překročena výsledkem měření bez nejistoty měření, pak je možno vyjádřit shodu se specifikací. Na **obr. 2** jde o případ 1 a 2.
2. Neshoda: Jestliže je mez daná specifikací překročena výsledkem měření bez nejistoty měření, pak je možno vyjádřit neshodu se specifikací. Na **obr. 2** jde o případ 3 a 4.



Obr. 2: Dvoustavové vyhodnocení se sdíleným rizikem

Závěr

Výhodou tohoto vyhodnocení je jeho jednoduchost, nepoužívá nejistotu měření a tím nezná výsledky v pásmu nejistoty. Používá se pro vyhodnocení výsledků normalizovaných zkoušek. Nevýhodou je snížení pravděpodobnosti pokrytí u hraničních hodnot a tím určité riziko jejich překročení, které je však považováno za přijatelné, protože i když typická hodnota nejistoty měření nemusí být známa, jsou specifikovány alespoň její hlavní zdroje, které jsou ve vztahu ke hraničním hodnotám přiměřeně malé.

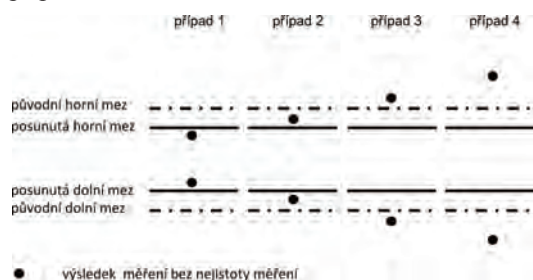
Druhé dvoustavové vyhodnocení nazveme dvoustavové vyhodnocení s přeneseným rizikem na jednu ze stran, protože snížená pravděpodobnost pokrytí u hraničních hodnot, kdy se již mez nachází v pásmu předpokládané nejistoty, je přenesena na jednu ze stran.

Dvoustavové vyhodnocení s přeneseným rizikem na jednu ze stran

Princip vyhodnocení vychází ze znalosti typické nejistoty měření příslušného zkušební postupu a o tuto hodnotu je posunuta předepsaná mez, což musí být v normě nebo specifikaci jasně uvedeno. Posunutím meze může laboratoř použít naměřenou hodnotu bez nejistoty, kterou se tím pádem nemusí zabývat (nemusí její hodnotu ani znát), stejně jako v předchozím případě. Někdy nemusí být posunuta předepsaná mez, ale místo toho je vyžadováno posunout naměřenou hodnotu, což však musí udělat laboratoř a hodnotu typické nejistoty měření vždy znát. Metoda tak při zachování jednostranné pravděpodobnosti pokrytí 95 %, umožní jednoznačné vyhodnocení. Je věcí politického rozhodnutí, kterým směrem je mez specifikace posunuta podle druhu zkoušky. Např. pro zkoušky bezpečnosti výrobků, je mez zpřísněna. Pokud tedy chce zákazník plnit požadavek normy, ve které je takové vyhodnocení uvedeno, a dohodne se o tom s laboratoří, vědomě podstupuje větší část rizika neshodného výsledku. Naopak např. při prokazování viny je mez zmírněna. Opět se předpokládají normalizované metody, kdy se nejistota měření nemění.

Lze rozlišit tyto stavy (**obr. 3**):

1. Shoda: Jestliže mez daná posunutou specifikací není překročena výsledkem měření bez nejistoty měření, pak je možno vyjádřit shodu se specifikací. Na **obr. 3** jde o případ 1.
2. Neshoda: Jestliže je mez daná posunutou specifikací překročena výsledkem měření bez nejistoty měření, pak je možno vyjádřit neshodu se specifikací. Na **obr. 3** jde o případ 2, 3 a 4.



Obr. 3: Dvoustavové vyhodnocení s přeneseným rizikem na jednu ze stran (mez je zpřísněna)

Závěr

Výhodou tohoto vyhodnocení je opět jeho jednoduchost, která nezatěžuje zkušební laboratoř. Metoda používá typickou nejistotu měření k posunu mezi specifikace a tím odstraní výsledky v pásmu nejistoty. Používá se pro vyhodnocení výsledků normalizovaných zkoušek. Nevýhodou je asymetrie, že které jedna strana profituje, zatímco druhá nese větší riziko.

Trend normalizovaných zkušebních postupů

Nová vydání norem, které obsahují zkušební postupy, již začínají v souladu s ILAC – G17 u některých kvantitativních zkoušek obsahovat příklady stanovení nejistot měření, jejich typické hodnoty a pokyny pro hodnocení výsledků zkoušek. Některé normy jdou ještě dál. Obsahují i kalibrační postupy některých speciálních zkušebních zařízení včetně požadavků na etalony a příkladů určení nejistot kalibrací.

Nejistoty v normalizovaných zkušebních postupech umožní laboratořím nejistoty měření v případě potřeby (např. požadavku zákazníka) uvádět, aniž by hodnoty musely samy stanovovat. Příklad nejistoty umožňuje jednoznačně určit význam příspěvků jednotlivých měřicích a zkušebních zařízení v poměru k celkové nejistotě měření a tím předejít nejasnostem v tom, jaká zařízení mají významný vliv na výsledek zkoušky a vyžadují kalibraci.

Kalibrační postupy měřicích a zkušebních zařízení ve zkušebních metodách vyžadují úzkou spolupráci mezi zkušebními a kalibračními laboratořemi, které se musí s postupem, uvedeným v normě podrobně seznámit, ale významnou mírou přispívají k jednotnosti požadavků na měřicí a zkušební zařízení. Dalším příznivým důsledkem uvedení kalibračního postupu v normě je to, že v některých případech vedou autory k úpravě v minulosti příliš ambiciózně určených, mnohdy až nereálných specifikací měřicích a zkušebních zařízení.

Použité dokumenty a zkratky:

- [1] ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří
- [2] OD – CB2040 Vzájemná dohoda o ISO/IEC 17025 mezi IECEE a ILAC
- [3] EA – 4/16 Směrnice EA o vyjadřování nejistoty v kvantitativním zkoušení
- [4] IEC Guide 115 Edition 1, 2007 – 09 Application of uncertainty of measurement to conformity assessment activities in the electrotechnical sector
- [5] ILAC – G17:2002 Zavádění koncepce stanovení nejistot zkoušení v návaznosti na aplikaci normy ISO/IEC 17025
- [6] ILAC – G8:03/2009 Pokyny k uvádění shody se specifikací
- [7] ILAC - P14:12/2010 Politika ILAC pro nejistoty při kalibraci
- [8] VIM: TNI 01 0115 Mezinárodní metrologický slovník – základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (překlad ISO/IEC Guide 99:2007)
- [9] CMC: Měřicí schopnost kalibrace (Calibration and Measurement Capability), která je zákazníkům k dispozici za běžných podmínek.
- [10] TUR: Poměr přesnosti kalibrovaného zařízení k nejistotě kalibrace (Test Uncertainty Ratio)

POROVNÁVÁNÍ VZDÁLENÝCH ETALONŮ ČASU A FREKVENCE PODLE METODIKY CGGTTS

Ing. Petr Pánek, CSc.,

Ing. Alexander Kuna, Ph.D.

Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v.v.i.

Pro porovnání kvantových etalonů času a frekvence umístěných ve vzdálených laboratořích se již téměř dvě desetiletí běžně používá metoda společných pozorování družic Common-View. Podstata této metody je jednoduchá. V obou laboratořích jsou instalovány časoměrné přijímače GPS (**obr. 1**), do kterých jsou přivedeny časové značky z porovnávaných etalonů. Přijímače přijmou signál vyslaný stejnou družicí a určí čas příjmu vzhledem k časové stupnici připojeného etalonu. Od změřených časů se odečtou dráhové zpoždění na trase od družice k přijímači. Odečtením výsledných časů pak dostaneme odchylku mezi časem obou etalonů.



Obr. 1: Časoměrné přijímače GPS v ÚFE AV ČR, v.v.i.

Popsaným způsobem je možné dosáhnout mimořádně dobré přesnosti porovnání, protože část chyb se v měření obou přijímačů projeví prakticky stejně a po odečtení se vyruší. Jedná se především o chyby času palubních hodin družice, a pokud nejsou laboratoře příliš vzdálené, i o chyby polohy družice a zpoždění signálu v atmosféře. Plně se projeví pouze nezávislé chyby, jako je vliv mnohacestného šíření signálu, šum přijímače a chyby kalibrace zpoždění přijímačů. Podrobnější informace k problematice chyb porovnání byly uvedeny v článku [1].

Metodika CGGTTS

Metodiku měření a formát změřených dat pro porovnání Common-View upravuje doporučení CGGTTS (Consultative Committee for Time and Frequency - Group on GNSS Time Transfer Standards). Podrobná definice nejpoužívanější verze 01 včetně předpisu pro činnost přijímačů během měření je popsána v [2]. Tato metodika je založena na kódových měřeních ve frekvenčním kanálu L1 (1575,42 MHz). Porovnání času podle této metodiky neprobíhá spojitě, ale během seancí dlouhých 13 minut. Rozvrh začátků jednotlivých seancí je předem stanoven a naprogramován do přijímačů.

Až na výjimky začínají seance každých 16 minut. Přijímače měří jedenkrát za sekundu zpoždění přijatého signálu všech viditelných družic vzhledem k referenční časové stupnici etalonu. Posloupnost měření v seanci se rozdělí na skupiny po 15 měřeních. Na každé této skupině se provede kvadratické vyrovnání. Tím dostaneme posloupnost 52 hodnot. Od každé této hodnoty se odečte dráhové zpoždění signálu a korekce ionosférického a troposférického zpoždění. Tak dostaneme posloupnost časových diferencí mezi časovou stupnicí etalonu a časem GPS. Na této posloupnosti se pak provede lineární vyrovnání. Výsledky lineárního vyrovnání pro každou družici se zapíší v předepsaném formátu do textového souboru. Přijímače všechny tyto činnosti samozřejmě provádějí zcela automaticky.

Ukázka výsledků měření ve formátu CGGTTS V01 je na **obr. 2**. V záhlaví souboru jsou uvedeny základní údaje o laboratoři, kde měření proběhlo, použitým přijímači a časové stupnici, která do měření vstupovala. Dále následují výsledky měření. Na každém řádku jsou výsledky měření k jedné družici vztažené k jednomu času. Nejdůležitější údaje jsou ve sloupcích PRN (číslo družice), MJD (modifikované juliánské datum), STTIME (UTC čas začátku seance), ELV (elevace družice), AZTH (azimut družice), REFGPS (změřená diference mezi referenční časovou stupnicí a časem GPS), SRGPS (derivace změřené diference), DSG (směrodatná odchylka reziduí po lineárním vyrovnání), IOE (identifikátor sady efemerid použitých při výpočtu dráhového zpoždění), MDTR (troposférické zpoždění vypočtené ze standardního modelu), MDIO (ionosférické zpoždění vypočtené ze standardního modelu). Výsledky měření jsou vztaženy ke středu seance, tj. 6,5 min po jejím začátku uvedeném ve sloupci STTIME. Soubory se změřenými daty se označují jménem ve tvaru GMxxyyzz.zzz, kde znaky xx jsou označení laboratoře, yy je číselné označení přijímače a zzzz je datum MJD prvního měření v souboru.

Samotné porovnání etalonů se provádí tak, že se vezmou změřená data z obou laboratoří, vyhledají se výsledky měření ke stejným družicím provedená během stejné seance se stejnými efemeridami, tj. se shodnými identifikátory IOE, a hodnoty REFGPS se odečtou. Časové diference získané během stejné seance prostřednictvím různých družic se zprůměrují. Výsledkem je posloupnost časových diferencí změřených typicky každých 16 minut.

S využitím popsané metodiky se běžně dosahuje nejistoty porovnání v řádu 1 ns, při vzdálenosti stanovišť do několika set kilometrů i méně než 1 ns. Nejistota porovnání frekvence je pak běžně v řádu 10^{-14} za 1 den.

Na **obr. 3** je ukázka chyby porovnání na velmi malou vzdálenost s použitím metodiky CGGTTS. Do obou přijímačů byla připojena stejná časová reference. Vzdálenost antén byla několik metrů. Jednotlivé body reprezentují výsledek porovnání během jedné seance přes jednu družici. Čára reprezentuje průměr všech výsledků získaných během stej-

né seance. Standardní nejistota porovnání vyhodnocená za 24 h v tomto případě činila 180 ps.

Metodika CGGTTS není jediná, která se při porovnání Common-View používá. Pro porovnávání primárních etalonů na velké vzdálenosti se často používá její modifikace označovaná L3P, která využívá dvoufrekvenčních měření a umožňuje proto potlačit vliv ionosférického zpoždění. Použití dvoufrekvenčních měření pro porovnání na menší vzdálenosti však není přínosem. Naopak její přesnost je v tomto případě horší. V poslední době se začínají využívat i metody založené na měření fáze nosné vlny, které je podstatně přesnější než kódová měření a umožňuje dosáhnout přesnosti porovnání hluboko pod 1 ns.

Navázání na státní etalon času a frekvence

Navázání na státní etalon času a frekvence umístěný v Ústavu fotoniky a elektroniky AV ČR s využitím metodiky CGGTTS je podpořeno webovou aplikací, která je volně přístupná na adrese <http://utcdelta.ufe.cz>. Práce s touto aplikací je velmi jednoduchá. Stačí nahrát soubor se změřenými daty ve formátu CGGTTS. Aplikace poté provede porovnání s daty změřenými přijímačem státního etalonu a zobrazí v grafech výsledné průběhy časové odchylky a průměrné frekvenční odchylky vyhodnocené za 16 minut. Dále se zobrazí tabulka s průměrnými denními odchylkami času a frekvence. Také se stanoví nejistota porovnání. Výsledky porovnání je

možné exportovat včetně grafů ve formě souboru pdf a k dalšímu zpracování ve formě textových souborů s průběhem časové odchylky a průměrné frekvenční odchylky za 16 minut.

Odhad nejistoty porovnání se určuje za předpokladu, že v přijímači je zadána poloha antény s nejistotou v jednotlivých souřadnicích 0,1 m ($k=2$) a zpoždění přijímače je zkali-brováno vzhledem k referenčnímu přijímači státního etalonu s nejistotou 0,5 ns ($k=2$). Dále je do stanovení nejistoty zahrnut vliv mnohacestného šíření a zbytkového ionosférického a troposférického zpoždění v závislosti na vzdálenosti mezi laboratořemi.

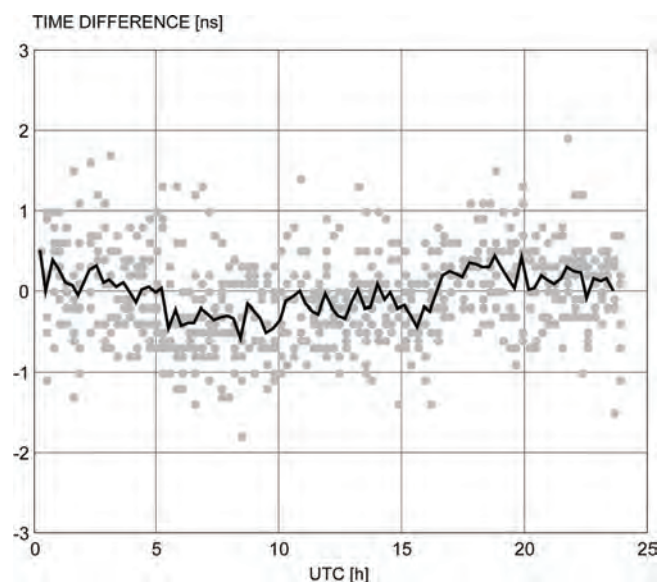
Aplikace před zpracováním provádí kontrolu změřených dat a do porovnání zahrne pouze měření, u kterých je předpoklad, že nezpůsobí zhoršení jeho nejistoty. Protože při nízké elevaci družice dochází k prudkému nárůstu troposférického zpoždění a ke zhoršení účinnosti jeho korekce, do porovnání jsou zahrnuta pouze data změřená při elevaci větší než 20°. Další opatření souvisí s rizikem nárůstu chyby měření v důsledku interference se silným odraženým signálem, ke které může ojediněle dojít. Tuto situaci lze indikovat jednak na základě zvýšení směrodatné odchylky reziduí po lineárním vyrovnání DSG a jednak na základě odchýlení změřené hodnoty od měření provedených prostřednictvím ostatních družic. Do zpracování jsou proto zahrnuta pouze měření s DSG menším než 5 ns a ze zpracování jsou vyřazena měření, jejichž výsledky nesplňují podmínku, že se od průměru přes všechna měření provedená v daném čase neliší více než o trojnásobek výběrové směrodatné odchylky.

Před porovnáním jsou z výsledků měření obou přijímačů vyloučeny standardní korekce ionosférického zpoždění. Důvodem k tomuto kroku je skutečnost, že v systému GPS není možné zaručit, že oba přijímače použily při výpočtu ionosférického zpoždění stejné parametry modelu ionosféry. Pokud se korekce nevyloučí, může občas nastat až několikahodinový stav, kdy je porovnání zatíženo systematickou chybou o velikosti několika nanosekund. Při porovnání na menší vzdálenost (v rámci ČR), není zbytkové ionosférické

```
GGTTS GPS DATA FORMAT VERSION = 01
REV DATE = 2010-07-24
RCVR = GTR50 002 1.6.6
CH = 20
IMS = GTR50 002 1.6.6
LAB = TP
X = +3967285.07 m
Y = +1022539.63 m
Z = +4872412.57 m
FRAME = ITRF2005
COMMENTS = NO COMMENTS
INT DLY = 39.0 ns
CAB DLY = 137.5 ns
REF DLY = 0.0 ns
REF = UTC (TP)
CKSUM = 58
```

PRN	CL	MJD	STTIME	TRKL	ELV	AZTH	REFSV	SRSV	REFGPS	SRGPS	DSG	IOE	MDTR	SMDT	MDIO	SMDI	MSIO	SMSI	ISG	CK
			hhmmss	s	.1dg	.1dg	.1ns	.1ps/s	.1ns	.1ps/s	.1ns	.1ns	.1ps/s	.1ps/s	.1ns	.1ps/s	.1ns	.1ps/s	.1ns	
2	FF	56168	001400	780	323	3036	-4012350	-2	+74	+9	10 070	146	-16	85	-7	102	+18	26	FC	
4	FF	56168	001400	780	503	2456	-2881326	-105	+92	+9	9 011	102	+5	63	+3	86	-7	19	F0	
7	FF	56168	001400	780	391	1781	-1159142	-47	+46	-6	10 070	124	-21	74	-10	101	-40	19	28	
10	FF	56168	001400	780	520	2954	+498343	+32	+181	+18	7 098	99	-10	61	-6	75	-3	18	10	
13	FF	56168	001400	780	861	3042	-1848532	+36	+101	+11	5 019	79	+0	50	+0	59	+22	8	EF	
16	FF	56168	001400	780	160	776	+2448212	+26	+84	+17	13 090	280	-57	119	-9	109	-82	50	52	
20	FF	56168	001400	780	274	1233	-671009	+3	+162	+11	15 088	170	+39	93	+13	111	-60	36	34	
23	FF	56168	001400	780	545	661	-1702360	+51	+92	+11	5 040	96	+9	59	+5	81	+10	16	E4	
30	FF	56168	001400	780	168	493	+3927607	+246	-12	-8	13 177	268	+7	117	+1	85	-49	35	3E	
2	FF	56168	003000	780	356	2966	-4012355	-5	+79	+7	10 070	134	-9	79	-4	88	-1	27	ED	
4	FF	56168	003000	780	462	2359	-2881430	-115	+96	-1	7 011	108	+9	66	+5	90	+26	21	FF	
7	FF	56168	003000	780	468	1767	-1159177	-38	+50	+3	12 070	107	-14	66	-8	88	-13	25	25	
10	FF	56168	003000	780	593	2948	+498367	+24	+191	+10	7 098	91	-7	56	-4	68	-44	13	1D	
13	FF	56168	003000	780	829	295	-1848504	+21	+105	-4	4 019	79	+1	50	+0	61	+8	8	C6	
16	FF	56168	003000	780	189	709	+2448213	-3	+77	-12	13 090	239	-30	111	-6	99	-34	39	30	
20	FF	56168	003000	780	209	1266	-671019	-4	+159	+4	28 088	219	+67	107	+15	142	+37	111	59	
23	FF	56168	003000	780	476	689	-1702323	+43	+91	+3	6 040	106	+12	65	+7	86	-1	13	E5	

Obr. 2: Ukázka změřených dat ve formátu CGGTTS V01. V záhlaví jsou údaje o laboratoři, kde měření proběhlo, použitým přijímači a časové stupnici, která do měření vstupovala. Následují výsledky měření. Nejdůležitější údaje jsou ve sloupcích PRN (číslo družice), MJD (modifikované juliánské datum), STTIME (UTC začátek seance), ELV (elevace družice), AZTH (azimut družice), REFGPS (změřená diference mezi referenční časovou stupnicí a časem GPS), SRGPS (derivace změřené diference), DSG (směrodatná odchylka reziduí po lineárním vyrovnání), IOE (identifikátor sady efemerid použitých při výpočtu dráhového zpoždění), MDTR (troposférické zpoždění), MDIO (ionosférické zpoždění).



Obr. 3: Ukázka průběhu chyby porovnání při použití metodiky CGGTTS. Do obou přijímačů byla připojena stejná časová reference. Vzdálenost antén byla několik metrů. Jednotlivé body reprezentují výsledky porovnání během jedné seance přes jednu družici. Čára reprezentuje průměr všech výsledků získaných během stejné seance. Standardní nejistota porovnání vyhodnocená za 24 h činila 180 ps.

zpoždění příliš významné a je proto výhodnější tuto korekci ze změřených dat vyloučit, než riskovat, že může nastat zmíněná situace.

Závěr

V metrologické praxi nacházejí stále častěji uplatnění kvantové etalony času a frekvence. Adekvátním postupem pro navázání těchto etalonů na vzdálenost do několika set kilometrů je použití metody Common-View podpořené metodikou CGGTTS. Pro navázání na státní etalon času a frekvence je přitom možné využít volně přístupnou webovou aplikaci, která porovnání se státním etalonem značně zjednodušuje. Cílem tohoto příspěvku bylo podat metrologické veřejnosti základní informace o metodice CGGTTS a postupech používaných při porovnání časových stupnic na základě dat CGGTTS. Příspěvek vznikl v rámci úkolu PRM III/13/11.

Literatura

- [1] Pánek, P.: Přenos přesného času pomocí družicových navigačních systémů. *Metrologie*, roč. 20 (2011), č. 3, s. 5-9.
- [2] Allan D. W., Thomas C.: Technical Directives for Standardization of GPS Time Receiver Software. *Metrologia*, vol.31 (1994), p.69-79.



SEMINÁŘE A ŠKOLENÍ ČKS V OBLASTI ELEKTRICKÝCH VELIČIN

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.

České kalibrační sdružení

Měření a elektrické veličiny

Lidstvo převážnou část své historie prožilo bez potřeby znát a měřit elektrické veličiny. I po vzniku této potřeby bylo vždy stanovení hmotnosti, objemu aj. snazší, než u elektrických veličin. Byly to veličiny viditelné a proto snáze uchopitelné. Elektrické veličiny ale nevnímáme (nebo když už, tak může být již pozdě, viz úrazy elektrickým proudem a dříve známé nápisy „nedotýkejte se ani drátů na zem spadlých“. Nyní se však s potřebou měřit elektrické veličiny setkáváme v nejrůznějších oblastech života. I v krajním případě, po zástavě srdce při náhlé srdeční příhodě, záchranná služba nejprve změří odpor Vašeho těla a teprve potom aplikuje pro oživení silný elektrický impuls, jehož energii je nutné umět také změřit.

Náklady na měření a vážení v dnešní Evropě představují plných 6 % celkového hrubého národního produktu. Metrologie se stala přirozenou součástí našeho každodenního života a elektrické veličiny v nich hrají velkou úlohu.

Elektrické veličiny vždy dělaly problémy v systémech jednotek měření. Ještě v metrické konvenci, podepsané v roce 1875, nebyly uvedeny žádné elektrické jednotky, nicméně, článek 7 konvence už předjímá jejich zavedení. Za svou krátkou historii prodělaly elektrické veličiny velmi mnoho změn, například jednotka odporu měla 8 různých definic a zařazení proudu do základních jednotek se také uká-

zalo neoptimální. Dalším problémem elektrických veličin je jejich počet a různorodost definic i realizace etalonů. V současné době elektrické veličiny stále více a více zasahují do oblastí měření jiných veličin. Moderní měření i metrologie používají převodníky jiné veličiny na elektricky zpracovatelný signál a všechny další operace s tímto signálem už jsou prováděny elektrickými prostředky (zpracování analogové i digitální, včetně využití počítačů), proto řada znalostí z oboru elektro je velmi důležitá i pro ostatní obory. Typický příklad je metrologie v oblasti teploty, která se ve velmi velké části provádí elektronickými metodami a prostředky.

Mimoškolní vzdělávání v oblasti kalibrace

Technická úroveň pracovníků je nyní hlavní limitující složkou úrovně kalibračních laboratoří a zkušeben pracujících v oblasti elektrických veličin. Její limitující vliv se projevuje tím více, čím lépe je laboratoř vybavena a čím menší nejistoty deklaruje. Požadavky na kalibrační pracovníky jsou protichůdné. Na jedné straně se pro opakovanou kalibrační činnost požadují stálá opakování postupu práce podle schválených metodik, čímž je zajišťována jednotnost, na druhé straně jen různorodé přístupy k měření pro dosažení vyšší přesnosti umožní odhalit a poznat zdroje nejistot, které při opakované rutinní činnosti mohou zůstat skryté. Opakovaná kalibrační činnost podle schválených metodik může zajistit jednotnost měření, ale teprve vědeckotechnický přístup vycházející z podrobné znalosti problémů může odhalit a kvantifikovat zdroje nejistot. Kalibrace jako zdroj ekonomické

činnosti je v protikladu s náklady a požadavky na zvyšování jakosti a kvalifikace personálu. Problém vzdělání je základní, protože základy metrologie ani pojem nejistota nejsou dostatečně vysvětleny na školách. Každá nepřesnost a chyba v postupu znehodnocuje měření a její rozpoznání a odstranění je často bolestný a dlouhotrvající problém. Nebylo jednoduché v níže uvedených seminářích popsat zkušenosti „dobré laboratorní praxe“ (výstižný termín, používaný v národních bio a medicínských měřeních a ve Velké Británii i v oboru měření elektrických veličin). Chtěli jsme, aby se neuvádělo příliš to, co lze nalézt jinde v literatuře, ale zdůraznily se zkušenosti z praxe. Ty byly čerpány z praxe v ČR, na Slovensku, v Chorvatsku, Polsku, Itálii, Rusku, Austrálii, Kanadě a v řadě dalších zemí i z výsledků a problémů mezi-laboratorních porovnávání.

Učebnice metrologie elektrických veličin

ČKS připravilo učební text skript, který se snaží pomoci metrologii elektrických veličin v praxi. Text obdrželi všichni členové ČKS, přesto trvá zájem o semináře. Text skript byl vytvořen skupinou autorů s dlouhodobou praxí v oboru měření. Je záměrně ponechán různý přístup autorů k jednotlivým částem problematiky, tak, aby byla metrologie elektrických veličin probrána z různých pohledů, ale v rámci jednotné osnovy. Pokud to bylo možné, vyhýbá se text matematice a snaží se zdůraznit vysvětlení všech vlivů, potřebných k porozumění probrané problematice. V současné době není problém měření programově a výpočetně zajistit a podpořit, největší problém je ale porozumění všem souvisejícím problémům a kvantifikaci jejich vlivu. Dostupná měřicí technika je nyní velmi kvalitní a je možné s ní měřit na nízké úrovni nejistot měření. Pokud ale chceme z drahé měřicí techniky opakovaně získávat měření s co nejnižší nejistotou měření, a to je základní požadavek metrologie, náročnost práce a požadavky na odborné znalosti velmi rostou. Snahou skript je, aby se zkrátila doba potřebné praxe k provádění přesných měření a aby byl neustále k dispozici uživatelům. Autory jednotlivých kapitol jsou odborníci z vysokých škol, ČMI a SMU, kalibračních laboratoří a průmyslu. Skripta na CD v rozsahu cca 900 stran vznikla v rámci řešení úkolu programu rozvoje metrologie v roce 2007 a 2008, při řešení úkolu č. M/VII/4/08. Také jednotlivé níže uvedené akce ČKS mají své sborníky, z nichž většina obsahuje přednesené příspěvky; Dva sborníky, *Sborník pro měření elektrických prvků* (2010) a *Sborník pro kalibraci DMM a pro měření elektrických prvků* jsou psány formou učebnice jako samostatné doplňkové texty k přednáškám.

Školení a doškolení

Doba před rokem 1989

Tato doba se vyznačovala v metrologii elektrických veličin na jedné straně velkým omezením dostupných přístrojů, převážně jen na výrobky z ČSR, absencí možností mezinárodní spolupráce a kontaktů, na druhé straně poměrně velmi dobrou prací technických knihoven, oborových normalizačních středisek. Mimoškolní technické vzdělávání převzala Československá vědeckotechnická společnost,

kteří aktivněji fungovala převážně v rámci podniků. V řadě podniků organizovala technické semináře Vědeckotechnická společnost, v TESLA BRNO byly tyto semináře po dlouhou dobu v sekci elektronických měření každý měsíc. Byla i velká řada mezipodnikových školicích akcí, celostátní rada pro metrologii, vedená Dr. Šindelářem a konference a semináře, například 8 seminářů Elmeko, semináře Vedoucího pracoviště vědeckotechnického rozvoje v ČSMU Bratislava, semináře z řady průmyslové metrologie a další. První větší školení pro oblast elektrických veličin v Brně provedl kabinet jakosti ČSVTS v roce 1985, v roce 1988 byla první větší konference s mezinárodní účastí Metrapliq a kolem roku 1985 až 1993 vznikala první řada oborových učebnic pro metrologii pod záštitou Československého metrologického ústavu. Také v časopisech, jako byly *Hudba a zvuk*, *Amatérské rádio*, *Sdělovací technika* a posléze i *Československá standardizace*, byl měření elektrických veličin věnován velký prostor.

Doba od roku 1989 do roku 2003.

Tato doba je charakteristická vznikem ČMI, ČIA a akreditovaných laboratoří, které zpočátku neměly zájem na výměně zkušeností, protože to byla doba první tvrdé konkurence na trhu se snahou neprozradit své znalosti. Otevřela se ale možnost kontaktu se zahraničím, přijelo několik významných metrologů a cca od roku 1993 do konce technické aktivity Evropské akreditace v roce 2002 byla možnost podílet se na práci technických skupin v EA. V elektrických veličinách to byly dvě skupiny, pro nízkofrekvenční a pro vysokofrekvenční veličiny. Dokumenty, připravované v EA se dařilo s předstihem zavádět v rámci tzv. technických komisí ÚNMZ do praxe kalibračních laboratoří (např. EA-10/15 aj.). Vznikla ČMS jako pokračovatel metrologické tradice staré ČSVTS a několikrát se věnovala i elektrickým veličinám.

Vzniklo **České kalibrační sdružení**, které je zájmovým sdružením právnických i fyzických osob, u nichž působí autorizovaná metrologická střediska, střediska kalibrační služby, jakož i subjektů, jejichž činnost s tematikou metrologie souvisí. Sdružení uskutečňuje k dosažení cílů svých programových zásad osvětovou, publikační, poradenskou, znaleckou, konzultační a jinou potřebnou činnost. Základní program, tvořený vždy jarní s podzimní konferencí, na které zástupci UNMZ, ČMI a ČIA prezentují novinky ve své oblasti, se ukazuje jako velmi nosný a správný, což prokazuje letos konaná už 45. konference. Protože kalibrací v oblasti elektrických veličin se u nás profesně zabývá jen velmi malá skupina osob, byla od počátku obava, že příjmy z vložného na případný seminář elektrických veličin ani nezaplatí náklady na pořádání a bylo jen možno závidět velkým zemím, jako je Německo, kde se pracovníci z oboru kalibrací elektrických veličin scházejí pod patronací PTB každoročně, nebo Velká Británie, kde jsou dvě skupiny, pro nízkofrekvenční i pro vysokofrekvenční veličiny. První specializované přednášky z oblasti elektrických veličin byly proto uspořádány v rámci seminářů k nejistotám měření.

Doba od roku 2003 do roku 2008

27. konference s odborným zaměřením na nejistoty měření, Hodonín, říjen 2003 se věnovala i vyjadřování nejlepších měřicích schopností kalibračních laboratoří, trendům vývoje a hodnocení kalibračních laboratoří z mezinárodních aspektů, nejčastějším problémům při vyjadřování nejistot v AKL a kalibrační měřicí schopnosti (CMC) národních metrologických institutů.

První seminář specializovaný na Nejistoty, Blansko, březen, 2008, umožnil značnou část věnovat i elektrickým veličinám, frekvenci a času.

Druhý seminář Nejistoty měření při kalibracích, Lísk u Bystřice nad Pernštejnem, březen 2011, probíral i elektrické veličiny a čas pro nižší požadované přesnosti měření.

Semináře jen pro metrologii elektrických veličin

1. seminář, Kalibrace měřidel elektrických veličin, Brno – Královo Pole, říjen 2006 měl v programu problémy metrologie elektrických veličin, určování nejistot a vlastnosti měřidel, BMC a CMC elektrických veličin, kalibraci číselových multimetrů, kalibraci analogových měřidel U, I, R, specifika kalibrace odporových etalonů, odporových dekád, odporových mostů a jiných měřidel odporu, úvod do kalibrace čítačů, generátorů a osciloskopů, úvod do kalibrace kalibrátorů, specifika kalibrace přístrojů pro revizní techniky. Byl pořádán ale ještě bez přístrojových nejistot a výkladu požadavků norem ČSN EN 60359:2003 Elektrická a elektronická měřicí zařízení - Vyjadřování vlastností a řady norem ČSN EN 61557-4 ed. 2 (356230) Elektrická bezpečnost v nízkonapěťových rozvodných sítích se střídavým napětím do 1 000 V a se stejnosměrným napětím do 1 500 V.

2. seminář, kalibrace multimetrů, odporu, dekád a revizních přístrojů, Brno Žebětín, říjen 2010, byl zaměřen na praktické otázky kalibrace elektrických veličin, kalibrace multimetrů, odporu, dekád a revizních přístrojů. Navazoval programově na seminář, který byl pořádán v roce 2006. Cílem semináře bylo prohloubení teoretických znalostí a praktických dovedností potřebných k provádění kalibrací měřidel elektrických veličin v souladu s obecnými požadavky kritérii normy ČSN EN ISO/IEC 17025. Počet účastníků byl vzhledem k velmi úzkému zaměření semináře poměrně velký a překročil počet pracovníků, kteří se danou problematikou v ČR profesně zabývají. Program semináře zahrnoval otázky, se kterými se setká kalibrační technik elektrických veličin při své činnosti ve firemním systému řízení měření. Uvedl přehled metrologie elektrických veličin a odpověděl na otázky týkající se vyjadřování přesnosti měření a měřidel. Důležité bylo i zopakování hlavních zásad pro správné postupy pro kalibrace multimetrů, etalonových odporů a odporových dekád, zahrnující i praktický výcvik na pracovištích a předvedení včetně zpracování a naměřených výsledků a stanovení nejistoty. Každý účastník obdržel sborník, který byl na rozdíl od obvyklých sborníků proveden ne jako soubor textů přednášek, ale tvořil ucelenou učebnici pro probíraný obor kalibrací. Předpoklad, že účastníci budou mít zájem dostat sborník a prostudovat ho před akcí a na akci už

jen prohloubit znalosti a dotazovat se, se bohužel ukázal nesprávný. Účastníci semináře měli možnost v rámci praktického výcviku provést kalibraci měřidel včetně vyhodnocení naměřených hodnot, stanovení nejistot a vystavení protokolu o kalibraci měřidel.

3. seminář, Nejistoty v kalibrační laboratoři elektrických veličin, času a frekvence, příklady výpočtů a přehled složek nejistoty podle veličin pro měření průmyslové praxe, Jaderná elektrárna Dukovany květen 2011 volně navazoval na seminář kalibrace elektrických veličin, (kalibrace multimetrů, odporu a dekád a revizních přístrojů) konaný 5. a 6. 10. 2010 v Brně i na seminář o nejistotách, konaný 1. a 2. března 2011 v hotelu Skalský Dvůr.

Všechny v semináři uvedené příklady výpočtu nejistot byly vybrány ze schválených příkladů uvedených v mezinárodních dokumentech a z národních dokumentů pro výpočet nejistot z Velké Británie, Itálie, USA, Ruska, Ukrajiny, Indie, Singapur, Austrálie a Nového Zélandu. V programu semináře byl přehled elektrických veličin a jejich hlavních zdrojů nejistot, dělení elektrických veličin a hlavní složky nejistoty podle veličiny, přehled, co je důležité pro výpočet nejistoty podle veličiny a rozsahu, podmínky měření a podmínky prostředí, okrajové podmínky a konektory, okrajové rozsahy, organizace práce kalibrační laboratoře pro stabilní nejistoty, přehled literatury a programů k výpočtu nejistot, otázky, co je chyba nebo nejistota přístroje, vyjádření o nejistotě v kalibračním listu, nejistoty při kalibraci indikátorů a simulátorů termoelektrických snímačů, porovnání praktického výpočtu chyby a nejistoty, chyba a nejistota při měření proudu externím bočníkem, příklady výpočtu nejistoty kalibrace v oblasti DC a LF, DC etalonu U, málo přesného DMM do 4,5 dig, přesného DMM nad 6,5 dig, přesného DMM nad 5,5 dig, přesného DMM nad 6,5 dig, výpočet nejistoty pro celý jeden rozsah měření, kalibrace kalibrátoru s pomocí etalonového DMM, DC etalonů R a dekád R pro přímé měření, nejistoty v běžné laboratorní praxi kalibrační laboratoře, použití výpočetní techniky a programů pro usnadnění práce při výpočtu nejistot, etalonů R a dekád R, nepřímé měření, kalibrace AC R, C a L, kalibrace v oblasti času a frekvence, kalibrace stopky a čítačů, přehled požadavků na přesnost při měření času a frekvence v praxi, základní zdroje nejistoty u čítače, příklady výpočtu nejistoty kalibrace stopky, metoda přímé porovnání stopky, metoda souhrnná, kalibrace časové základny, nejistoty při měření se stopkami.

4. Seminář, Kalibrace měřidel elektrických veličin, frekvence a času, Hrotovice, říjen 2012. Výbor Českého kalibračního sdružení po dobré zkušenosti z minulosti uspořádal i letos seminář, který byl zaměřen na provádění kalibrací měřidel elektrických veličin, času a frekvence. Seminář volně navazuje na seminář elektrických veličin konaný v květnu 2011 v JE Dukovany. Z vyhodnocení dotazníků z tohoto semináře a z reakcí účastníků vyplynulo, že o konání dalších seminářů pro oblast elektrických veličin je zájem, ale seminář by měl být zaměřen vždy jen na nějakou oblast, více opakovat a ne

se snažit obsáhnout celou problematiku elektrických veličin, času a frekvence. ČKS se proto rozhodlo zaměřit první den tohoto semináře znovu na **kalibraci běžných přístrojů**, což jsou především voltmetry, ampérmetry a ohmmetry, generátory (simulátory) napětí, proudu a odporu a také víceúčelových přístrojů multimetru, kalibrátory, i na kalibraci elektrické části měřidel neelektrických veličin (teploty, tlaku) včetně výpočtů nejistoty při kalibraci. Cenné pro praxi bylo zopakování možných chyb a nedostatků při práci s 8,5 místné DMM.

Zkusmo byl zařazen i samostatně druhý den semináře, kde byl uveden program pro méně často kalibrované přístroje a obtížnější oblasti, jako je měření vlastností elektrických prvků od DC do 50 MHz a oblast metrologie času a frekvence. Tam se očekával pro vyšší specializaci i odbornou náročnost omezený počet zájemců, ale seminář nakonec musel být pro velký zájem o obě jeho samostatné části přeložen do větších prostor, z Dukovan do blízkých Hrotovic.

Program druhého dne měl dvě různé části, první bylo **měření elektrických prvků**, kde bylo probrán přehled měření elektrických prvků DCR, AC R, Z, L, C, D a Q, problematika open a short, jejich význam a správné provedení, etalony DCR, AC R, L, C, D a Q, konstrukce etalonů pro frekvence AC R do 10 GHz, C do 1 GHz, L do 50 MHz, měření DC R, měření C a D, problematika, nejistoty, etalony, frekvenční rozsah pro měření L a Q, problematika, nejistoty etalony, frekvenční rozsah kalibrace měřičů RLC (autobalančních), kalibrace střídavých mostů, kalibrace DMM na rozsazích pro měření prvků, určení nejistoty měření (kalibrace). Zvláštní pozornost byla věnována nástinu historie přístupů k měření elektrických prvků a z toho plynoucích požadavků na metrologii. Problematika mohla být probrána jen přehledně, protože se jednalo o výťah, dávající přehled problematiky, která by vyžadovala pro podrobnější výklad asi týdenní školení.

Část **Měření času a frekvence** měla v úvodu přehled problematiky v oblasti veličin času a frekvence, požadavky na přesnost v měření času a frekvence v běžné praxi, možnosti řešení, krystalový oscilátor jako základní prvek měřidel v oblasti frekvence, orientační přehled konstrukčního řešení, určení nejistoty, kalibrace stopky, metodika kalibrace, určení nejistoty měření (kalibrace), kalibrace čítačů a osciloskopů, metodiky měření a určení nejistoty, metrologie času a frekvence v kalibrační laboratoři. Na tuto část, která byla shrnutím a opakováním, navazovala vysoce odborná část, zpracovaná za spolupráce *ÚFE AV ČR*, kterou přednesl Ing. Alexander Kuna, Ph.D. Obsahovala:

- základy metrologie času a frekvence (sekunda SI, časová stupnice UTC), charakterizaci hodin a oscilátorů (odchylka času a frekvence, ADEV, TDEV),
- etalony času a frekvence vhodné pro kalibrační laboratoře (typické vlastnosti), systémy distribuce přesného času a frekvence (GPS, internet, DCF),
- využití systémů GNSS (Globální družicový polohový systém) v metrologii času a frekvence, přehled a vlastnosti systémů (GPS, GLONASS, GALILEO, EGNOS),
- principy pro distribuci času a frekvence a porovnávání časových stupnic, zdroje chyb měření a výsledné nejistoty kalibrace v oblasti frekvence

- Kalibrace přijímačů GPS a využití výsledků kalibrace v praxi.

Shrnutí a perspektiva

V rámci systému jakosti ČKS sledujeme při přípravě a provádění seminářů potřeby a požadavky našich členů a příznivců. Na každém semináři dostanou účastníci anonymní dotazník, ve kterém mohou tak jako ve škole oznámkovat přednášející, uvést své poznámky a připomínky i náměty. Tento způsob hodnocení se vžil a účastníci využívají opravdu celou stupnici školního známkování od 1 do 5. Potěšitelné pro ČKS je, že například na posledním semináři byla průměrná známka pro 80% přednášejících pod 1,5 a i zbývajících 20 % přednášek mělo hodnocení kolem známky 2. Podle námětů by se měl seminář opakovat i v příštím roce a zaměřit se v jedné části jednak na široký základ, kterým může být pro většinu menších podniků s užitím 6,5 místný DMM, který je dnes velmi levný a i jeho kalibrace je dostupná, v druhé části by asi bylo dobré připomenout problematiku kalibrace vf veličin, (napětí, výkon, odrazy, zeslabení). O podrobnostech budeme informovat možné zájemce včas, podrobněji viz <http://www.cks-brno.cz/>. Nová dohoda o zřízení mezinárodní organizace Eurocal která má v záměru řešit společně problémy kalibračních laboratoří i mezinárodně, slibuje velmi dobré perspektivy k rozšíření zvyšování technické úrovně i formou školení pro kalibrační laboratoře a očekávám, že z ní vznikne mnoho námětů i pro program vzdělávání.

Závěry

V praxi se ukázalo, že přechodné období, kdy kalibrační laboratoře řešily hlavně existenční potíže, je snad za námi a že může začít etapa postupného zlepšování využití dostupného zařízení, které je nyní prakticky stejné nebo velmi podobné po celém světě. Využití vlastností těchto zařízení závisí hlavně na technické úrovni a erudici personálu a doufáme, že ČKS v této oblasti může uživatelům ještě značně pomoci. Jde o to, aby technické znalosti z oblasti přesných elektrických měření a kalibrací byly pevně zafixovány u pracovníků nejen kalibračních laboratoří, ale i zkušeben, které elektrická měření potřebují, a důležitá je i pro metrology podniků, vyučující škol a nakonec, ale ne na posledním místě, i pro koncové uživatele měřidel. Podle dotazníků a známkování přednášek posluchači se ČKS daří plnit požadavky praxe na další vzdělávání. V oblasti přístrojů pro elektrické veličiny se podařilo získat pro přednášení účast odborníků jak z oblasti výroby přístrojů pro revize, tak i z výroby etalonů pro kalibrace těchto přístrojů světové úrovně. Semináře byly vedeny lektory, kteří řadu let pracují v oblasti metrologie a v akreditovaných kalibračních laboratořích pro oblast kalibrace měřidel elektrických veličin, mají velmi dobré teoretické znalosti a dlouholeté praktické zkušenosti.

Autor tohoto článku se snažil k tomuto vývoji přispět podle svých možností řadou více než stovky svých přednášek a článků a děkuje všem spolupracovníkům a lektorům za podporu a vykonávanou práci.

45. KONFERENCE ČESKÉHO KALIBRAČNÍHO SDRUŽENÍ

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.

České kalibrační sdružení

Tentokrát měla konference velmi široký obsah a tedy i dlouhý název “se zaměřením na legislativu, akreditaci a autorizaci metrologických pracovišť, aktuální dění v metrologii, informace z německé kalibrační služby, kalibrační metody, stanovování nejistot, informace z některých speci-
fických oborů měření a na tachografy”.

Konference se konala 23. 10. a 24. 10. 2012 v hotelu Skalský Dvůr, Lisek u Bystřice nad Pernštejnem. Jednání konference bylo již tradičně rozděleno do několika částí.

Všeobecná a legislativní část

V první části přednesli svoje příspěvky zástupci ÚNMZ, ČIA. Tématem přednášek byly komentáře k aktuálním záležitostem metrologie, akreditace a autorizace metrologických pracovišť.

Nové informace z působnosti ÚNMZ přednesl Ing. Milan Holeček, předseda ÚNMZ a pro oblast metrologie ing. Veselák, ředitel odboru metrologie UNMZ. Aktuality z oblasti akreditace uvedl Ing. Jiří Růžička, MBA, ředitel ČIA, o.p.s.. K problematice správního řádu, přestupkového zákona, fikce doručování písemností, a o dalších zajímavostech referovala Mgr. Jarmila Pavlíková z Městského úřadu v Mikulově.

Smyslem této části konference je mimo zajištění průběžné a aktuální informovanosti i vytvoření dostatečného časového prostoru v rámci konference pro diskuzi a projednání možných praktických problémů souvisejících s činností metrologických pracovišť a řídicích orgánů. Problémy se pak mohou řešit dvojstranně i neformální diskusí nebo společně, v rámci ČKS.

Odborná část

Cílem této části je zvyšování kvalifikace a rozšíření přehledu i pro jiné obory, než kterými se jednotliví pracovníci zabývají v rámci svého zaměření. Zazněly následující přednášky: MPZ – zhodnocení z pohledu dlouhodobých zkušeností s organizací a vyhodnocováním, RNDr. Simona Klenovská, ČMI, Použití TPM 0051-93 při vyhodnocování nejistot typu A, RNDr. Pavel Klenovský, generální ředitel ČMI, Metoda výpočtu nejistot „Monte Carlo“ v praktických příkladech, Ing. Zdeněk Faltus, BD Sensors s.r.o., Metody kalibrace úhelníků, Ing. Jiří Mokroš, PhD., SMÚ, Informace o aktuální revizi dokumentu EURAMET č. 18 pro kalibraci vah s neautomatickou činností a porovnání tohoto dokumentu s postupy ČKS, Ing. Ivan Kříž, ČMI Brno.

Organizace práce kalibračních laboratoří

Základem práce všech kalibračních i zkušebních laboratoří je organizace práce v souladu s požadavky normy ČSN EN ISO/IEC 17025. Cílem této části programu je popsat správnou laboratorní praxi z pohledu různých oborů měření a zkušeností a z praxe a tím zvýšit kvalifikaci a dát nové náměty laboratořím. Byly to přednášky s názvy: Požadavky

na kalibrační laboratoře dle normy ČSN EN ISO/IEC 17025, 2. část, zaměřená hlavně na odst. 5.4 normy ČSN EN ISO/IEC 17025, Zkušební a kalibrační metody a validace metod, doc. Ing. Jiří Horský, CSc., Zajišťování kvality kalibrací z pohledu odborného posuzovatele a vedoucího AKL, Ing. Jindřich Šabata, JE Dukovany a Informace z technického výboru ČIA, Ing. Jiří Kazda, předseda ČKS.

Založení Evropského kalibračního sdružení

Záměr, ukončit technické činnosti v rámci Evropské akreditace EA a předat je Eurometu, který byl završen zrušením technických výborů EA v roce 2002, se nepodařilo naplnit v části pokračování činnosti v rámci Euramet. Laboratoře tento nedostatek pociťují, a že udržení technické základny akreditace není problém jen u nás, ale i v zahraničí, ukázal referát zahraničního hosta Nové DKD – znovuzavedení Německého kalibračního sdružení, Peter Ulbig, DKD – Německá kalibrační služba. V souladu s nařízením (ES) č. 765/2008 byl německý akreditační systém změněn. Od 17. prosince 2009 byl akreditační orgán Deutscher Kalibrierdienst (staré DKD) transformován do Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAKKS). Po této transformaci ale zůstaly bezprizorní doposud velmi dobře fungující Technické výbory DKD. Díky rozhodnutí PTB ale od 3. května 2011 Technické výbory DKD pokračují pod záštitou PTB jako nové DKD. Nové DKD je nyní naším partnerem. Návštěva pana Ulbiga byla završena slavnostním podpisem dohody o Evropském kalibračním sdružení (EUROCAL) jako nové mezinárodní organizace, která má za cíl pomáhat kalibračním laboratořím, sjednocovat postupy, přístupy a stanoviska. Mezinárodní organizace EUROCAL byla založena podpisem zakládajících členů, kterým jsou nové DKD, Německá kalibrační služba, ČKS, České kalibrační sdružení a KZSR, Kalibračné združenie SR. Založení sdružení EUROCAL (podpis dohody ukazuje obr. 1) je pro kalibrační laboratoře velmi významnou událostí, a proto mu bude věnován samostatný článek v následujícím čísle 1 časopisu.



Obr. 1: Slavnostní podpisy při založení mezinárodní organizace kalibračních laboratoří EUROCAL

Sekce tachografy

Program sekce tachografy přilákal na 70 účastníků z autorizovaných metrologických středisek i několik návštěvníků ze Slovenska. V úvodním vystoupení Ing. Jiří Kuba z ÚNMZ informoval o připravované novele zákona o metrologii a navazujících předpisů. Nové přístupy ÚNMZ k AMS se projeví např. změnou podmínek autorizace rozšířením o bod 9 resp. 10, a to: „AMS je povinno po každém absolvování mezilaboratorního porovnávání zkoušek neprodleně poskytnout odboru metrologie ÚNMZ výsledky těchto zkoušek“. Dále byla dohodou mezi Ministerstvem dopravy, ÚNMZ, ČMI a zástupci výrobců tachografů sjednocena pravidla doškolování pracovníků AMS. Velmi zajímavá byla vystoupení p. Lukáše Rutara (ČMI) a Ing. Petra Mahy (MAHA Consulting) na téma využití válcových zkušeben při ověřování tachografů. Václav Šenkyřík (ČMI) informoval o výsledcích mezilaboratorního porovnávání zkoušek (MPZ) a nejčastěji zjišťovaných nedostatcích. Rovněž zdůraznil povinnost AMS zúčastnit se MPZ každé dva roky, což řada AMS nedodržuje. Ing. Martin Tichý (Ministerstvo dopravy ČR) ve své přednášce uvedl platné předpisy pro tachografy a upřesnil výklad ustanovení o povinnosti vybavení vozidla tachografem. Upozornil na nejednotný přístup STK při posuzování způsobilosti v souvislosti s tachografy. Rovněž objasnil proces vydávání servisních karet, kdy v některých případech



pracovníci úřadů nedodržují závaznou metodiku a např. vyžadují neoprávněné originály dokumentů. Ing. Jiří Novotný (Centrum dopravního výzkumu Brno) se zaměřil na úlohu autorizovaných metrologických středisek ve vztahu k tachografům. Zdůraznil nutnost upozornit své zákazníky na změny a novinky v předpisech, upozornit na chyby při obsluze tachografu, seznámit s funkcí nových typů tachografů a dalšími povinnostmi při jejich používání. Dále informoval o průběhu „kulatého stolu“ k problematice digitálních tachografů (zvýšení účinnosti kontrol), který se konal 18. 10. 2012.

Zástupci výrobce tachografů Stoneridge Ing. Karel Jelinek (HALE s.r.o.) a pan Jan Hlavatý (MECHANIKA v. d.) za Continental VDO informovali o nových typech tachografů splňujících požadavky Nařízení komise (ES) č. 1266/2009

a s tím souvisejícími novými zkušebními prostředky a metodami zkoušení. Pozitivním sdělením obou zástupců je zpřístupnění nejnovějších informací na webových stránkách.

Závěrem jednání sekce tachografy bylo přijato následující usnesení:

Ve spolupráci se sekretariátem ČKS budou uspořádány dva společné jednodenní semináře zástupců Stoneridge a Continental VDO s cílem seznámit pracovníky AMS s nejnovějšími typy tachografů a změnami vyplývajícími z Nařízení komise (ES) č. 1266/2009. Zástupci společností (HALE s.r.o., a MECHANIKA v. d.) Ing. Karel Jelinek a pan Jan Hlavatý zašlou na Odbor metrologie ÚNMZ podklady pro připravené vyhlášení povinného doškolování pracovníků AMS.

Zástupci sekce tachografy navrhnou Ministerstvu dopravy úpravu nesprávného znění bodu 27 přílohy 1 vyhlášky MD č. 341/2002 Sb.

Vedoucí pracovišť AMS zkontrolují své kontaktní údaje (zejména telefony, e-maily) uvedené v přehledu AMS na: <https://ams.cmi.cz/index.php?menu=1&kategorie=1>. Případnou žádost o změnu kontaktů zašlou Ing. Jiřímu Kubovi (ÚNMZ) na e-mail: kuba@unmz.cz.

Plán práce

46. konference ČKS je plánována na 9. a 10. dubna 2013. Bude obsahovat všeobecnou a legislativní část a část k organizaci práce kalibračních laboratoří. Odborná část bude ještě upřesněna.

5. seminář zaměřený na kalibrace a měření **elektrických veličin** je plánován na 2. října 2013, tradičně do Dukovan. Zaměří se v hlavní části na široký základ vlastností přístrojů a praxe měření a kalibrace a s tím souvisejícím stanovením nejistot. Pro většinu menších podniků může být velmi zajímavé provádění kalibrace s využitím 6,5 místných DMM, které jsou dnes velmi levné a i jejich kalibrace je dostupná, a umožní řadu kalibrací i interních porovnání provést přímo v organizaci. Ve druhé části stručně připomeneme problematiku kalibrace dalších elektrických veličin, z toho hlavně vf veličin, (napětí, výkon, odrazy, zeslabení).

Seminář zaměřený na kalibrace a měření **teploty a vlhkosti** je plánován ve dnech 14. a 15. května 2013. Na semináři budou nejen podány informace o způsobu kalibrace teploměrů a vlhkoměrů v laboratoři a provozu, ale i o zkušenostech a problémech, které mohou při kalibraci nastat. Seminář bude užitečný i pro ty, kteří sice neprovádí kalibrace, ale při své činnosti měří a využívají výsledky měření teploty a vlhkosti. Na semináři budou připravena pracoviště s možností praktického vyzkoušení provádění kalibrací. Seminář může sloužit i jako podklad školení pro absolvování zkoušek pro získání osvědčení k provádění kalibrací v oborech teplota a vlhkost.

Další informace a jejich aktualizace je možné najít na www.cks-brno.cz/



ROZHODČÍ SOUD POSKYTUJE PŘI ŘEŠENÍ SPORŮ I MEDIACI

Do sporu s partnerem – životním, stejně jako obchodním – se může dostat každý. Někdy jsou příčiny závažnější, jindy třeba i banálnější. V okamžiku, kdy jeho účastníci nejsou schopni dohodnout se na jeho řešení, zazní razantní: Tak půjdeme k soudu. Přitom ale každý ví, že soudní projednávání je na dlouhou dobu a stojí to dost peněz. Proč ale hned běžet k soudu, když existují i jiná, mimosoudní řešení sporů? Nejznámějším z nich je rozhodčí řízení, ale využít lze například i formy kvalifikovaného poradenství, smírčí komisi či mediaci. Rozhodčí soud při Hospodářské komoře ČR a Agrární komoře ČR je známý jako prestižní rozhodčí soud, jehož prostřednictvím lze spory řešit v rozhodčím řízení. Ale Rozhodčí soud při HK ČR a AK ČR poskytuje nejen tuto formu mimosoudního řešení sporů, ale také mediaci, která by mohla pomoci urovnat spor před rozhodčím či soudním řízením.

Školení pro mediátory

Rozhodčí soud při HK ČR a AK ČR má na svém seznamu rozhodců řadu těch, kteří jsou rovněž mediátory, tedy osobami, které mohou mediaci vést. Rozhodčí soud chce tuto formu mimosoudního řešení sporů, kterou poskytuje, rozšířit a prohloubit. Proto ve spolupráci s Filosofickou fakultou a Právnickou fakultou UK Praha začíná nabízet rozhodcům zapsaným na seznamu Rozhodčího soudu účast v přípravném kurzu pro zkoušky mediátora organizované na základě zákona č. 202/2012 Sb. Ministerstvem spravedlnosti, respektive Českou advokátní komorou. Tímto způsobem usnadní Rozhodčí soud zájemcům o mediaci z řad rozhodců, aby získali zákonem vyžadovanou kvalifikaci a zkoušku „zapsaného mediátora“. Tito rozhodci pak mohou být zapsáni do seznamu zapsaných mediátorů, vedeného Rozhodčím soudem při HK ČR a AK ČR.

Mediaci lze v praktickém životě využít v mnoha oblastech. Rozhodčí soud se chce v tomto způsobu mimosoudního řešení sporů specializovat především na obchodní spory. Je to logické, vždyť Rozhodčí soud a jeho rozhodci především rozhodují spory z hospodářské oblasti – ať již to jsou „klasické“ spory dvou firem, dodavatelsko-odběratelské, tak třeba spory spotřebitelské či o domény .eu a další.

Tři fáze

Hovoříme-li o mimosoudním řešení sporů a o mediaci, je asi potřebné zastavit se u těchto pojmů trochu více. Vždyť veřejnosti je jako mimosoudní řešení sporů nejznámější rozhodčí řízení, pod pojmem mediace si ale asi nepředstaví přesněji, co se za tímto slovem při řešení sporu skrývá.

Pod celkovým pojmem mimosoudní řešení sporů (ADR – Alternative Dispute Resolution) se skrývá několik postupů, které pojí jedno společné – oproti projednávání sporu obecným soudem jsou rychlejší, levnější a také efektivnější. Zjednodušeně lze odstupňovat – kvalifikované poradenství za účelem předcházení sporům, smírčí komise, mediace a rozhodčí řízení. Hovoří se také o třech hlavních pilířích, nebo třech fázích řešení sporu.

První pilíř představuje kvalifikovanou informaci o možnostech řešení sporu. Pokud se spor v této fázi nevyřeší,

může za souhlasu obou stran sporu následovat mediace, tedy osobní schůzka za účasti mediátora. Pokud se ani v této fázi spor nevyřeší, může – opět za souhlasu obou stran – následovat rozhodčí řízení (neboli arbitráž – k ní je potřebná písemně uzavřená rozhodčí doložka). Vyjmenování těchto tří fází vyjadřuje i posloupnost, jak může snaha vyřešit spor mimosoudní cestou vypadat. Neznamená to ale, že musí všechny takto po sobě následovat. Strany sporu se mohou například po neúspěšné první fázi dohodnout, že svůj spor nebudou řešit následně mediací, ale již rozhodčím řízením.

Široké využití mediace

Pojem mediace může být pro mnohé ne příliš známý, proto zřejmě stojí za to ji alespoň trochu přiblížit. Mediace je moderní metoda mimosoudního řešení sporů spočívající v řízeném procesu hledání souladu mezi skutečnými zájmy a potřebami účastníků. V případě úspěchu je výsledkem mediace dobrovolná, vzájemně přijatelná dohoda. Nejde přitom o jakýkoliv kompromis, ale zpravidla o skutečně urovnání sporu umožňující další spolupráci stran v budoucnu.

Ačkoli mediace nemůže zcela nahradit soudce či rozhodce, protože některé spory (a někdy i někteří účastníci) vyžadují autoritativní rozhodnutí, mediace přesto nabízí pro celou řadu situací efektivní, tj. rychlejší a levnější řešení, při kterém účastníci zůstávají po celou dobu naprostými pány toho, co je nakonec dohodnuto a odsouhlaseno.

„Kouzlo“ mediace spočívá v dovednosti mediátora vést strany sporu nejprve k odbourání vzájemných psychických bariér, následně k pochopení skutečných potřeb sama sebe jakož i protistrany a nakonec ke společnému hledání shod a synergií mezi potřebami, které se stanou základem dobrovolně uzavřené dohody. Díky své vysoké efektivitě a relativní jednoduchosti je mediace v zemích anglosaského světa a také řadě zemí západní Evropy již po desetiletí první alternativou, jíž se strany sporu snaží dostat ze situace, která je proti sobě postavila.

Pro podnikatele je mediace možností jak řešit vnitrofiremní spory mezi společníky, mezi útvary jednoho podniku či podniky jednoho holdingu, mezi nadřazeným a podřízeným pracovníkem. Mezi firmami pomáhá mediace ve sporech mezi dodavateli a odběrateli, věřiteli a dlužníky, členy konsorcií a clusterů, účastníky projektů nebo prostě sousedy v jedné průmyslové zóně. Ve většině těchto situací by pravděpodobně jedna či druhá strana, jakož i jejich vzájemný vztah, utrpěly nevratné škody, pokud by jedna ze stran byla plně uspokojena a druhá podlehla, jak tomu bývá u sporů řešených soudně. Naopak mediace dává šanci nalézt často překvapivou shodu nebo alespoň kompromisy, které účastníkům umožní vzájemné pochopení, soužití či dokonce spolupráci. Jediným nutným předpokladem je souhlas obou stran sporu s mediací a špetka dobré vůle dobrat se prostřednictvím mediace k přijatelnému řešení.

Chcete-li se o mediaci poskytované Rozhodčím soudem při Hospodářské komoře ČR a Agrární komoře ČR více, můžete využít Konzultační centrum RS na www.soud.cz, kde můžete vznést své dotazy.



ROZHODČÍ SOUD

při Hospodářské komoře České republiky
a Agrární komoře České republiky

Řešení Vašeho sporu efektivně, rychle a odborně!

O Rozhodčím soudu

- byl založen roku 1949
- řídí se zákonem, Statutem, Řádem
- vede Seznam rozhodců a tím garantuje odbornou kvalitu rozhodčího řízení probíhajícího před Rozhodčím soudem
- na Listině rozhodců je více než 240 rozhodců z tuzemska i zahraničí

Sekretariát Rozhodčího soudu zajišťuje

- konzultace před uzavřením smlouvy či podáním žaloby u Rozhodčího soudu
- odborné znalce
- tlumočníky
- veškerou administrativu spojenou s rozhodčím řízením před Rozhodčím soudem

Jaké spory řeší?

- obchodní vztahy (kupní smlouvy, nájemní smlouvy, smlouvy o dílo, úvěrové smlouvy ...)
- občanskoprávní (mj. i manželské smlouvy, kupní smlouvy na nemovitost, smlouvy o půjčce ...)
- pracovní právní vztahy (smluvní podmínky mzdového charakteru)

Výhody rozhodčího řízení

- řízení je jednoinstanční, neveřejné, rychlé, méně formální
- rozhodčí nálezy jsou v tuzemsku i v zahraničí dobře vykonatelné
- Newyorská úmluva z roku 1958 umožňuje uznání a výkon rozhodčích nálezů ve více než 140 státech světa
- strany si mohou určit místo i jazyk rozhodčího řízení

Podmínka pro rozhodování sporu v rozhodčím řízení před Rozhodčím soudem při HK ČR a AK ČR je platná rozhodčí doložka ve prospěch tohoto soudu.

Znění rozhodčí doložky doporučené k zapracování do Vašich smluv:

Všechny spory vznikající z této smlouvy a v souvislosti s ní budou rozhodovány s konečnou platností u Rozhodčího soudu při Hospodářské komoře České republiky a Agrární komoře České republiky podle jeho řádu jedním rozhodcem jmenovaným předsedou Rozhodčího soudu.

Všechny spory vznikající z této smlouvy a v souvislosti s ní budou rozhodovány s konečnou platností u Rozhodčího soudu při Hospodářské komoře České republiky a Agrární komoře České republiky podle jeho řádu třemi rozhodci.

Veškeré potřebné dokumenty lze nalézt na adrese: www.soud.cz

Rozhodčí soud je tu pro Vás.

Další informační materiály jsou k dispozici stranám, ale i ostatním zájemcům v sídle soudu
Dlouhá 13, Praha 1, v jazyce českém, ruském, anglickém, německém a francouzském.

Telefonní spojení je: tel.: +420-222 333 340, fax: +420-222 333 341, e-mail: paha@soud.cz



Metrologické lázně a zkušební komory; přepínací systémy signálů a měřicích míst a záznamníky kvality napájecí sítě

Amtest-TM s.r.o. – jako dlouholetý mezinárodní dodavatel přesné měřicí techniky pro kalibraci, testování a diagnostiku elektrických a neelektrických veličin v laboratorních i průmyslových podmínkách, rozšířil sortiment o další vybavení pro zvyšování kvality měření v laboratořích:

1. Přesné metrologické lázně a zkušební komory Kambič Metrology (Slovinsko)

Kambič Metrology staví na 25 letech zkušeností s návrhem, konstrukcí a výrobou kvalitních klimatických komor, kalibračních lázní (vzduchových, olejových, vodních) a zkušebních zařízení. Klimatické komory jsou ve standardním provedení nabízeny ve 12 modelech, lišících se rozsahem teploty (+5 °C až +180 °C, -40 °C až +180 °C, -75 °C až +180 °C) a objemem vnitřního testovacího prostoru (105, 190, 340 a 1 000 l), spolu se standardním nebo rozšířeným rozsahem regulace vlhkostního profilu. Vynikající parametry kapalinových kalibračních lázní jsou zajištěny pomocí sofistikovaného systému proudění kapaliny kombinovaného s přesnou mikroprocesorovou regulací, díky čemuž je možné dosáhnout stability lepší než $\pm 0,007$ °C. Kalibrační lázně se uplatní při kalibraci teplotních snímačů, teplotních čidel nebo celých teplotních systémů. Lázně se dělí dle objemu kapaliny (7, 22, 50 l) a teplotního rozsahu (+40 °C až +250 °C, -40 °C až +130 °C, -80 °C až +130 °C). Vzduchové kalibrační lázně dvou velikostních rozměrů 105 a 190 l umožňují dosáhnout teplotní stability 0,008 °C. Ovládání všech systémů je intuitivní a uživatelsky přívětivé pomocí dotykového LCD s regulací ovládaných parametrů pomocí PID regu-

látorů. Jako referenci lze zmínit užití vzduchových kalibračních lázní v metrologických laboratořích BIPM a ČMI. Vedle výše uvedených zařízení vyrábí firma Kambič také inkubátory, univerzální, vakuové a mrazicí sušárny, sterilizátory, autoklávy, růstové a teplo-



2. Systémy inteligentních přepínačů signálů (DC-40GHz) a měřicích míst firmy USC (USA)

Universal Switching Corporation vychází z téměř dvacetileté tradice výroby přepínačů měřicích míst a doplňkových systémů. Své zkušenosti a znalosti uplatnila v těchto aplikacích – přepínače systémů Uplink/Downlink, distribuce synchronizačních IRIG signálů, ATE testovací stanice pro přepínání přístupů měřicích přístrojů k měřicím místům, přepínání video signálů norem NTSC, CATV a PAL, nízkosumové přepínání anténních signálů v přijímačích, přepínače palubních signálů, mikrovlnná oblast (DC-40GHz), vysokovýkonné AC nebo DC přepínání (10–90 A), přenos radarových signálů X-Y-Z, přenos radarových videesignálů, přepínání telekomunikačních a vysílacích signálů, vysokorychlostní signály 422, 232, LVDS, PECL a ECL, přenos signálů z RF analyzátorů, video signálů z pracovních stanic a bezpečnostních systémů, ovládání a monitoring přístrojů, distribuce RGB+HV video/audio signálů.

Jako praktický příklad užití přepínacích systémů v kalibrační laboratoři lze

zmínit připojení skupiny odporových nebo impedančních etalonů přes přepínací systém k měřicímu přístroji. Pracovníkovi laboratoře se tak ušetří čas nutný k přepojování jednotlivých etalonů při kalibraci.

3. Záznamníky kvality a parametrů elektrické napájecí sítě Acksen-Electroorder (UK)

Acksen-Electroorder – vybavení pro monitoring a záznam parametrů a kvality elektrické sítě a dalších veličin. Všechna měření na zařízení Electroorder probíhají neinvazivním způsobem, pouze připojením měřicích sond na měřená místa (běžná síťová zástrčka, vodiče s krokodýlky, Rogowského cívka atp.), samotný záznam probíhá na paměťové médium uvnitř přístroje. Naměřená data pak lze vyhodnotit v PC pomocí dodaného SW.

Tyto datalogery umožňují měření a dlouhodobý záznam spotřebované elektrické energie (avšak nikoli jako stanovené měřidlo), výkonu, napětí, proudu, solárního výkonu, měření emisí CO₂ a teploty. Stručné rozdělení dle zaznamenávaných parametrů:

1fázové napětí (300V), 1fázový proud (0,1 A–100 A), 1fázový proud vyšších hodnot (400 A, 1 kA, 2 kA, 3 kA), současně fázové napětí/proud (300 V, 300 A, 16 A, 60 A), záznam 3fázového napětí (500 V), stejně tak 3fázový proud (30 A, 60 A, 300 A) a 3fázový proud vyšších hodnot (400 A, 1 kA, 2 kA, 3 kA). Měření stejnosměrných parametrů je samozřejmostí, stejně tak solárního výkonu.

Vysoký potenciál užití těchto datalogerů lze nalézt v kalibračních laboratořích, kterým umožní vedení podrobného záznamu kvality napájecí sítě v průběhu kalibrací, obdobně jako běžný záznam o teplotě a vlhkosti v laboratoři.



Amtest-TM s.r.o., Svatováclavská 408, 686 01 Uherské Hradiště, CZ.
Tel: +420 572 572 028, Fax: +420 572 544 216, e-mail: supp@amtest-tm.com,
web: www.amtest-tm.com, www.amtest-tm.sk

Česká metrologická společnost připravuje na dny **12. a 13. března 2013** 22. mezinárodní konferenci

Měřicí technika pro kontrolu jakosti *s výstavou měřicí techniky*



v kongresovém centru PRIMAVERA,
se kterým jste vesměs byli loni spokojeni vy, návštěvníci,
i my, jako pořadatelé.

Kongresové centrum PRIMAVERA najdete na adrese
Plzeň, Nepomucká 128.

Další informace a přihláška na www.csvts.cz/cms.



Rádi Vás na 22. konferenci s výstavou přivítáme.

vedení ČMS

Informace o všech akcích, kurzech a seminářích České metrologické společnosti najdete na www.csvts.cz/cms

Redakční rada:

Ing. Emil Grajciar (předseda), Ing. František Jelínek, CSc. (místopředseda), Ing. Jiří Kraus, Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., Ing. Zdeněk Tůma, Ing. Milan Badal, Prof. Ing. Jaroslav Boháček, DrSc., Bc. Jan Klíma, Ing. Jiří Kazda, Ing. Jindřich Mlejnek, RNDr. Klára Popadičová, Ing. Jaroslav Rajlich, Ing. Petr Pánek, CSc., Jitka Hrušková.
PhDr. Bořivoj Kleník – šéfredaktor.

Časopis vychází 4 x ročně. Cena výtisku 80,- Kč, roční předplatné 320,- Kč + poštovné a balné + 14 % DPH. Vydavatel: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) ve spolupráci s Českým metrologickým institutem, Českou metrologickou společností a Českým kalibračním sdružením. Sídlo vydavatele: ÚNMZ, Gorazdova 24, 128 01 Praha 2. IČO: 48135267. Povolení tisku: registrace MK ČR 6111, MIČ 46 676, ISSN 1210-3543.

Místo vydávání: Praha. Datum vydání: listopad 2012. Nakladatelský servis, předplatné a inzerce: PhDr. Bořivoj Kleník, Bezdědice 19, 294 25 Katusice, tel./fax: +420 326 394 888, mobil: 603 846 527, e-mail: klenik@q-art.cz. Nevyžádané materiály se nevracejí. Za původnost a správnost příspěvků odpovídají autoři.

Foto na obálce:

Laboratoř pro kalibrace anemometrů na ČMI

Photo on the front page:

Laboratory for anemometer calibrations at CMI

