

2/2014
ROČNÍK 23

METROLOGIE

VĚDECKÁ
LEGÁLNÍ
PRAKTICKÁ



VÝROČÍ

Ing. František Jelínek, CSc.
Světový den metrologie 2014 1

Monika Soukupová
Světový den akreditace 3

METROLOGIE V PRAXI

Ing. Václav Sedlák a kol.
Měření hustoty vysokotlakého zemního plynu 4

Ing. Tomáš Hajduk a kol.
Měření teploty při stanovení průtoku pomocí
clonových průtokoměrů 8

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.
Organizace práce v laboratoři - část 3 11

Doc. Ing. Jiří Šíma, CSc.
Kontrola a zjištění geometrických vlastností
rozměrných součástí a strojů metodou blízké
multisnímkové stereofotogrammetrie 15

Čeněk Nenáhlo, dipl. tech.
Měření v technické kontrole 19

Ing. Jana Horská, Ph.D., Doc. Dr. Ing. Pavel Horský
Nelineární zkreslení harmonického signálu -
význam a definice 22

STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ

Ing. Jaroslav Rajlich
Informace o vzdělávacích aktivitách Asociace
akreditovaných a autorizovaných organizací 25

Ing. Pavel Rubáš Ph.D., Ing. Denisa Trajkovská
Směsi stmelené hydraulickými pojivy -
zkoušení pevností v prostém tlaku 26

VĚDA A VÝZKUM

Mgr. Dominik Pražák, Ph.D., Dr. Wladimir Sabuga
Společný evropský výzkumný projekt „Metrologie
vysokého tlaku pro průmyslové aplikace“ 28

TECHNICKÁ NORMALIZACE

Zdeňka Slaná, Ing. Jiří Kratochvíl
Systém veřejného připomínkování návrhů
technických norem 30

INFORMACE

Ing. Zdena Drdová
Optimalizace využití mezilaboratorních porovnávacích
zkoušek v akreditovaných kalibračních laboratořích 32

Ing. Eva Klokočnicková, Ing. Martina Bednářová
Příprava akreditace výrobců referenčních
materiálů v České republice 34

Ing. Václav Bursa
23. mezinárodní konference Měřicí technika
pro kontrolu jakosti – Plzeň 2014 35

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.
Informace o práci Českého kalibračního
sdružení (ČKS) - jaro 2014 36

PR

Rozhodčí soud 38, 40

Coptis 39

ANNIVERSARY

Ing. František Jelínek, CSc.
World Metrology Day 2014 1

Monika Soukupová
World Accreditation Day 3

METROLOGY IN PRACTICE

Ing. Václav Sedlák a kol.
Density Measurements of High-Pressure Natural Gas 4

Ing. Tomáš Hajduk a kol.
Temperature Measurement in Determining
Flows Using Orifice Flow Meters 8

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.
Organisation of Work in the Laboratory - Part 3 11

Doc. Ing. Jiří Šíma, CSc.
Checking and Finding the Geometric Properties of Large-Si-
zed Components and Machines Using the
Method of Multi-Image Stereo Photogrammetry 15

Čeněk Nenáhlo, dipl. tech.
Measurements in Technical Inspection 19

Ing. Jana Horská, Ph.D., Doc. Dr. Ing. Pavel Horský
Non-Linear Bias of Harmonic Signals –
Significance and Definition 22

TESTING

Ing. Jaroslav Rajlich
Information on Educational Activities of the Association of
Accredited and Authorised Organisations 25

Ing. Pavel Rubáš Ph.D., Ing. Denisa Trajkovská
Hydraulically Bound Mixtures –
Uniaxial Strength Testing 26

SCIENCE AND RESEARCH

Mgr. Dominik Pražák, Ph.D., Dr. Wladimir Sabuga
A Common European Project: “High Pressure
Metrology for Industrial Applications” 28

TECHNICAL STANDARDISATION

Zdeňka Slaná, Ing. Jiří Kratochvíl
The System of Placing Public Comments on
Draft Technical Standards 30

INFORMATION

Ing. Zdena Drdová
Optimizing the Use of Inter-Laboratory Comparative
Tests in Accredited Calibration Laboratories 32

Ing. Eva Klokočnicková, Ing. Martina Bednářová
Preparing the Accreditation of Reference Material
Manufacturers in the Czech Republic 34

Ing. Václav Bursa
23rd International Conference “Measurement
Technology for Quality Control – Pilsen 2014 35

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.
Information of the Activities of the Czech Calibration
Association (CKS) - Spring 2014 36

PR

Arbitration Court 38, 40

Coptis 39

SVĚTOVÝ DEN METROLOGIE 2014

Ing. František Jelínek, CSc.



Dne 20. května 1875 byla v Paříži podepsána 18 zakladatelskými státy mezinárodní smlouva o metrické soustavě „Metrická konvence“. Signatárem bylo i Rakousko-Uhersko. Česká republika byla na základě oficiální žádosti přijata za plnoprávného člena v roce 1993 jako nástupnický stát České a Slovenské Federativní Republiky. Dnes Metrická konvence sdružuje 55 členských států a 34 asociovaných států a ekonomik. 20. květen je připomínán jako Světový den metrologie.

Letošní motto „Měření a globální energetická výzva“, nebo spíše globální metrologický problém, vede k zamyšlení nad úlohou měření a metrologie při řešení jednoho z nejožehavějších problémů lidstva. V minulých letech jsme si připomínali výročí podepsání Metrické konvence (20. května 1875) různými tématy a konstatovali jsme, že správné a jednotné měření je podstatnou podmínkou úspěšnosti nepřehledného spektra činností. Zabývali jsme se úlohou měření v obchodním styku, výrobě a podnikání, ochraně zdraví a bezpečnosti, při sportu i v domácnosti. Je zřejmé, že stejně důležitou roli hraje měření i pro energetiku; zde je ovšem význam správného měření násoben ohromnou potřebou a spotřebou energie a ještě více rapidním růstem této potřeby a současně omezeními zdroji.

S růstem poptávky po energii se budeme setkávat zejména v rozvojových zemích a současně je nutné omezovat emise skleníkových plynů a musí se počítat se stále nákladnější těžbou fosilních paliv. Hledání kompromisů a cest bude v příštích dekádách velice obtížné. Bezpečné zásobování energií bude vyžadovat mix zdrojů včetně obnovitelných a vývoj nových technologií a metod měření.

Rozsah spotřeby si můžeme ukázat na příkladu „nepatrného“ spotřebitele, České Republiky. Podle údajů zveřejněných mj. na stránkách ČEZ [1] je roční spotřeba ČR jen v elektrické energii kolem 70 000 GWh, celosvětově je to kolem 10 000 TWh [2].

Přitom je Země obklopena nepředstavitelnými toky energie, jen je zatím jejich využití nepatrné. Máme zde na mysli především sluneční záření, z kterého dopadá i po odfiltrování UV složky atmosférou na 1 m² kolmý ke směru paprsků výkon až 1000 W. Odhadneme-li celkový dopadající výkon na území ČR (79 000 km²) a budeme počítat jen s 8 hodinami slunečního záření, dostaneme se pro jediný slunečný letní den k neuvěřitelné energii 550 000 GWh. To jen pro ilustraci ohromného výkonu Slunce. Využití této energie je samozřejmě něco jiného. Nicméně – sluneční záření je tak jako tak zdrojem rozhodující části naší spotřeby energie cestou paliv, čerpaných z biosféry (včetně fosilních). Také vodní a větrné elektrárny čerpají svou energii díky působení slunce na povrch Země a na atmosféru. Ostatní zdroje, jako třeba geotermální nebo slapové, představují jen jednotky procent.

Protože jsou zdroje omezené, je požadavkem doby také zvyšování (dosud nevalné) účinnosti výroby a spotřeby energie. Například energeticky efektivní budovy, zlepšování energetické účinnosti motorových vozidel, omezení výstavby a užívání nejméně účinných uhelných elektráren přinesou velké úspory. Dalším nezbytným opatřením bude doplnění distribučních sítí určitou inteligencí, která zajistí lepší vzájemné přizpůsobení potřeby, výroby a dodávky energie. Všechna uváděná opatření jsou závislá na měření, síť může inteligentně fungovat jen na základě správných a pohotových údajů.

Světový den metrologie se připravuje ve spolupráci Mezinárodního úřadu pro váhy a míry (BIPM) a Mezinárodní organizace pro legální metrologii (OIML). K zvolenému tématu se obvykle vyjadřují představitelé těchto institucí a můžeme zde citovat základní myšlenky z jejich sdělení:

Martin Milton, ředitel BIPM, zdůrazňuje kromě nezbytnosti správných a jednotných měření řady parametrů pro energetiku také socioekonomické stránky problému. Rozvoj je nutné založit na kontrole nákladů a cen a minimalizaci ekologických škod stejně jako na globální dostupné základně věrohodných údajů; tedy na základně měření parametrů energie v různých formách. Uvádí příklady účtování ceny energie od různých dodavatelů, hodnocení účelnosti investic do využití nových zdrojů a výzkum měření pro nové technologie. To vše je možné díky celosvětovému systému, založenému Metrickou konvencí a soustavě jed-

notek SI. Významné postavení v soustavě jednotek mělo vždy měření teploty, elektrických veličin a fotometrických a radiometrických parametrů, tedy veličin charakterizujících zdroje a spotřebiče energie. Dr. Milton připomíná, že metody měření těchto veličin se rozvinuly v období průmyslové revoluce, kdy byla hnacím motorem vývoje pára. Vývoj vede nyní k výzkumu metod měření nových forem energie, metod se stále vyššími požadavky na přesnost. Národní metrologické instituty pracují na vývoji metod, které se využijí například k přesnému měření účinnosti fotovoltaických systémů, k lepšímu hodnocení materiálu a tvaru součástí turbín, k obecně uznávané kontrole emisí elektráren, ke kontrole kvality elektrické energie a také k rozvoji inteligentních sítí.

Výzkum probíhá ve spolupráci institucí různých zemí a výsledky vedou k posilování již existující infrastruktury, zajišťující mezinárodní uznávání výsledků měření.

Dr. Milton absolvoval universitu v Oxfordu v oboru fyzika a pracoval v NPL. Zabýval se měřením fundamentálních konstant a po dvou letech se začal věnovat měření parametrů atmosféry s využitím laseru. Odtud vedla jeho cesta k návaznosti těchto měření a k metrologii plynů. Titul PhD získal na univerzitě v Southamptonu a MBA na London Business School. Ředitelem BIPM je od roku 2013.

Stephen Patoray, ředitel BIML, hodnotí přínos metrologie k řešení celosvětových energetických problémů z pozic legální metrologie a konstatuje, že spotřeba energie je zpravidla účtována a tedy i řízena na základě údajů měřidel, která podléhají různým formám regulace, jsou tedy předmětem legální metrologie. Konstatuje, že činitelé, jako je růst světové populace, rozvojové ekonomiky, nové technologie a rostoucí požadavky spotřebitelů povedou nutně k takové potřebě energie, která může znamenat významné změny životního prostředí. Vzroste tlak na redistribuci existujících zdrojů energie a na vývoj zdrojů alternativních. Všude bude třeba informací, založených na měření. Informací nejen správných, ale i vzájemně uznávaných; ředitel BIML dovozuje, že musí být zajištěna důvěra v to, že měřidla a užívané metody odpovídají požadavkům, stanoveným na mezinárodní úrovni. Mnohá měřidla jsou v bezprostřední vazbě ke spotřebě energie, jako plynoměry, elektroměry, výdejní stojany na pohonné hmoty; jiná mají sice vztah nepřímý, ale přesto vysledovatelný. Tak například tlak v pneumatikách nebo rychlost pohybu zcela jistě ovlivňuje spotřebu motorových vozidel.

Stephen Patoray pracoval po absolvování univerzity (obor mechanical engineering, 1981) v oboru tenzometrických snímačů a vah (Mettler Toledo) a vedl vývojový tým. Zabýval se vývojem nových vážicích zařízení a tenzometrických snímačů, do roku 2000 jako technický ředitel. Dalších 8 let řídil národní (USA) program schvalování typu měřidel pro komerční použití. Dále pracoval (agricultural engineer) pro inspekci zrnin a zabýval se zkouškami vážicích zařízení. Od roku 2010 je ředitelem BIML. Je držitelem titulu MBA.

Energetika je důležitá nejen ekonomicky, ale také jako předmět politiky a v souvislosti s očekávanými problémy to

může být stále výraznější. Je možné, že právě odraz politických rozhodnutí a úvah vedl k tomu, že se žádný z citovaných autorů ani nezmiňuje o jaderné energetice, i když je mimořádně významná a měření v oboru ionizujícího záření a radioaktivity jsou jedním z nutných předpokladů provozu jaderných zařízení. Připomeňme tedy alespoň jedno z témat programu EMRP, téma „Metrologie v oblasti nových atomových elektráren“. [3]

Oba autoři zdůraznili úlohu národních metrologických institucí při řešení globálních energetických problémů. Na příkladu Českého metrologického institutu lze zřetelně ilustrovat péči, věnovanou oboru. Především je zde soustava státních etalonů jednotek všech veličin, které se k problematice popisované výše vztahují a jsou také rozvíjeny laboratoře kalibrace a ověřování odpovídajících měřidel. Jedním z těchto míst s vazbou na distribuci elektrické energie je pracoviště zkoušení elektroměrů.



ČMI, pracoviště zkoušení elektroměrů

Státní etalony ČR pokrývají všechny oblasti měření; tato náročná zařízení umožňují také špičkový výzkum v oboru. Problematika energie zahrnuje výrobu, distribuci a spotřebu; týká se elektrické energie, tepla, světla, mechanické energie a všech energetických zdrojů. Zde je prostor jen na několik ilustrací; informace o soustavě státních etalonů najde čtenář na stránkách ÚNMZ [4]. Například pro obor radiometrie a fotometrie je základem metrologické návaznosti absolutní kryogenní radiometr.



Pracoviště SE, součástí je kryogenní radiometr

Pro oblast distribuce významné energetické komodity, plynu, se využívá zkušební stanice s etalonovými plynoměry.

Zkušebna plynoměrů do 10 000 m³/h

Druhým důležitým aspektem podílu ČMI na řešení energetické problematiky je účast na projektech mezinárodně koordinovaného výzkumu. Již před dvěma lety přinesl časopis *Metrologie* informaci o zapojení ČR do Evropského metrologického výzkumného programu EMRP [3]. Setkáváme se zde například s tématem vývoje elektrických generátorů využívajících všechny druhy konverze tepelné a mechanické energie na elektrickou a s vývojem potřebných metod měření, s úkoly rozvoje metrologie pro zlepšení účinnosti elektráren,

metrologie v oblasti moderních světelných zdrojů a metrologie v oblasti energetických sítí. Těchto několik příkladů ukazuje dobře rozsah prací, které souvisí s podporou energetiky.

K tématu letošního Světového dne metrologie se připravuje několik článků do příštích čísel časopisu. Další informace poskytnou stránky [5].

Zdroje:

- [1] Energetika v ČR. *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/pro-media/cisla-a-statistiky/energetika-v-cr.html>
- [2] Energetika ve světě. *SKUPINA ČEZ: pro média* [online]. [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/pro-media/cisla-a-statistiky/energetika-ve-svete.html>
- [3] TESAR, Jiří. Zapojení ČR do EMRP. *Metrologie*. roč. 2012, č. 2, s. 10.
- [4] Státní etalony ČR. *ÚNMZ* [online]. 2014 [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://www.unmz.cz/urad/statni-etalony-ceske-republiky>
- [5] World Metrology Day. *BIPM, OIML* [online]. 2014 [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://www.worldmetrologyday.org/>



SVĚTOVÝ DEN AKREDITACE

Monika Soukupová

Český institut pro akreditaci, o.p.s.

Již od roku 2009 si připomínáme 9. červen jako Světový den akreditace. Tento významný den společně vyhlásily mezinárodní organizace ILAC a IAF, které se zabývají otázkami akreditace na celosvětové úrovni.

V letošním roce je zaměřen na úlohu akreditace v oblasti dodávek energie. S přihlédnutím ke zvyšující se poptávce po energiích je potřeba zdokonalit bezpečné metody pro jejich získávání, skladování i sdílení. Zvláště důležité je zajištění bezpečnosti koncových uživatelů, kterou lze posílit prostřednictvím nálezů akreditovaných laboratoří, inspekčních a certifikačních orgánů. Zkoušení, inspekce a certifikace garantují, že ve vztahu k zabezpečení energie je vymezena jasná hranice mezi správnými a nevhodnými činnostmi a metodami. Akreditace organizací provádějících tyto činnosti zajišťuje důsledný a spolehlivý přístup, jehož výsledkem bude takový energetický průmysl, který plní potřeby spotřebitelů a požadavky ochrany životního prostředí.

Při příležitosti oslav Světového dne akreditace Český institut pro akreditaci, o.p.s. již tradičně organizuje pro své současné i budoucí zákazníky v červnových dnech Seminář pro držitele osvědčení o akreditaci a žadatele o akreditaci, a to ve dvou termínech: 10. 6. 2014 v Praze a 17. 6. 2014 v Brně (více na www.cai.cz).

World Accreditation Day

9 June 2014

Accreditation: Delivering confidence in the provision of energy

MĚŘENÍ HUSTOTY VYSOKOTLAKÉHO ZEMNÍHO PLYNU

Ing. Václav Sedlák, Ing. Tomáš Hajduk,
Ing. František Staněk, PhD., RNDr. Jiří
Tesař, PhD., Ing. Zdeněk Krajčůček, PhD.,
Mgr. Dominik Pražák, PhD.

Český metrologický institut

Abstrakt – Tento příspěvek obsahuje úvod do problematiky měření hustoty vysokotlakého zemního plynu. Zabývá se metodami měření hustoty zemního plynu v měřicích systémech protečeného množství plynu během jeho přepravy a distribuce a to především přímým měřením pomocí převodníků hustoty a nepřímou metodou stanovení hustoty plynu pomocí pTZ metody.

Klíčová slova: hustota plynu, pTZ metoda, vibrační hustoměr

1. Úvod

Hustota je jednou ze základních vlastností plynu. Pro hustotu ideálního plynu ρ platí:

$$\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T}, \quad (1)$$

kde p je absolutní tlak plynu, M jeho molární hmotnost, R univerzální plynová konstanta a T je termodynamická teplota. Je patrné, že hustota (ideálního) plynu závisí na třech parametrech. Zemní plyn však není plynem ideálním (navíc se jedná o směs plynů), čímž se stanovení hustoty komplikuje. Pro výpočetní stanovení hustoty je tedy potřeba znát složení daného plynu, molární hmotnosti a kompresibility Z jednotlivých složek a v neposlední řadě také teplotu a tlak směsi.

Pro zjednodušení a odstranění, příp. snížení vlivu ovlivňujících faktorů je vhodné použít veličiny jako relativní hustota (alternativně hutnota) nebo relativní molární hmotnost. Relativní zde znamená, že daná veličina je definována jako poměr „absolutní“ hodnoty dané veličiny a určité referenční veličiny, zde hustoty, resp. molární hmotnosti suchého vzduchu za stejných podmínek prostředí jako u daného plynu. Hodnoty zmíněných relativních veličin je také možné získat přímým měřením a následně je použít ve výpočtu (absolutní) hustoty nebo jiných vlastností zemního plynu.

Při měření průtoku zemního plynu škrťacím prvkem (clonou, džzou, Venturiho trubici) je hustota média jedním z nejdůležitějších parametrů. V praxi se pro stanovení hustoty zemního plynu používají dva základní přístupy. Jedním z nich je stanovení hustoty zemního plynu pomocí pTZ metody a druhým je aplikace přímého měření vibračními hustoměry. Přehled dalších metod měření hustoty plynu uvádí [6].

2. pTZ metoda

V případě, kdy se pro stanovení hustoty zemního plynu používá pTZ metoda, je potřeba znát vedle teploty a tlaku také kompresibilitu daného plynu. Kompresibilní faktor je možné stanovit pomocí některé z výpočetních metod. Mezi

nejpoužívanější metody stanovení kompresibility patří AGA NX-19-mod [1], AGA8-92DC [2] a SGERG-88 [3]. Pro stanovení kompresibility těmito metodami je nutné znát vedle tlaku a teploty zemního plynu také jeho složení, relativní hustotu a také hodnotu spalného tepla.

Metoda AGA NX-19-mod je podrobně popsána v předpisu VDI/VDE 2040 Part 2 [1]. V případě použití této metody je třeba znát teplotu a tlak zemního plynu a molární zlomek oxidu uhličitého (CO_2) a dusíku (N_2) a relativní hustotu zemního plynu.

Metodu AGA8-92DC popisuje norma ISO 12213-2 [2]. Pro použití této metody je nezbytné znát tlak, teplotu a přesné chemické složení daného zemního plynu.

Metodu SGERG-88 popisuje norma ISO 12213-3 [3]. V případě použití této metody je potřeba znát teplotu, tlak a molární zlomek oxidu uhličitého (CO_2) a dusíku (N_2), nebo vodíku (H_2). Dále je potřeba znát relativní hustotu a hodnotu spalného tepla daného zemního plynu.

Volba metody stanovení kompresibility je dána rozsa- hem použitelnosti metody a dostupností informací o daném zemním plynu. Nejistoty stanovení kompresibility výše uvedenými metodami se stejně jako meze použitelnosti daných metod vzájemně liší. Například [2] uvádí, že v závislosti na složení, tlaku a teplotě daného zemního plynu lze dosáhnout metodou AGA8-92DC nejistoty 0,1 % ÷ 0,2 %. Obdobně [6] uvádí, že v případě metody SGERG-88 a nekorelovaných vstupních veličin je nejistota stanovení kompresibility 0,11 % (pro případ korelace spalného tepla a obsahu oxidu uhličitého se nejistota zhorší na 0,16 %).

Hustotu zemního plynu ρ lze následně pomocí pTZ metody stanovit podle vztahu:

$$\rho_1 = \rho_s \frac{Z_s}{Z_1} \cdot \frac{p_1}{p_s} \cdot \frac{T_s}{T_1}, \quad (2)$$

kde ρ_s , p_s , T_s a Z_s jsou hustota, tlak, teplota a kompresibilita za vztazných podmínek a ρ_1 , p_1 , T_1 a Z_1 jsou hustota, tlak, teplota a kompresibilita za provozních podmínek. Nejistota takto vypočtené hustoty se určí jako odmocnina sumy kvadrátů násobků jednotlivých dílčích nejistot a jejich citlivostních koeficientů, viz [6].

3. Vibrační převodníky hustoty

Nejpoužívanějšími měřidly pro přímé měření hustoty v přepravních a distribučních sítích zemního plynu jsou vibrační hustoměry. Vibrační hustoměry pracují na principu změny frekvence v závislosti na hustotě tekutiny obklopující snímač. Snímačem je tenký kovový válec, který vibruje na vlastním kmitočtu. Plyn prochází po vnějším a vnitřním povrchu válce a je tak v kontaktu s vibrujícími stěnami. Hmotnost plynu, který vibruje spolu s válcem, závisí na hustotě plynu a jakmile se zvýší vibrující hmotnost, sníží se kmitočet vibrací. Na základě kmitočtu vibrací pak lze stanovit hustotu daného plynu. Závislost hustoty ρ na výstupní frekvenci převodníku hustoty τ je parabolická a lze ji vyjádřit vztahem:

$$\rho = K_0 + K_1\tau + K_2\tau^2 \quad (3)$$

kde K_0 , K_1 a K_2 jsou kalibrační konstanty daného měřidla pro daný plyn. Konstanty ze vztahu (3) se většinou stanovují za teploty 20°C, ale měřidla jsou běžně provozována při odlišných teplotách. Tento rozdíl teplot pak může způsobit systematickou chybu měření hustoty. Proto se stanovují konstanty teplotní závislosti, které rozšiřují vztah (3) následujícím způsobem:

$$\rho = (K_0 + K_1\tau + K_2\tau^2)[1 + K_{18}(T - 20)] + K_{19}(T - 20) \quad (4)$$

kde T je teplota média a K_{18} , K_{19} jsou konstanty teplotní závislosti.

Konstanty dle vztahu (3) jsou stanoveny pro určitý kalibrační plyn (typicky dusík), nicméně pro použití převodníku hustoty pro měření hustoty jiného než kalibračního plynu je třeba vztah (4) dále rozšířit:

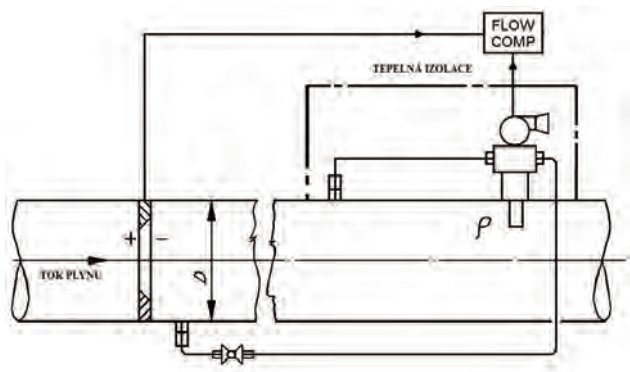
$$\rho_{zt} = \rho_t \left[1 + \frac{K_3 \left(\frac{C_c}{T_c + 273,15} - \frac{C_g}{T_g + 273,15} \right)}{\rho_t + K_4} \right] \quad (5)$$

kde ρ_t je teplotně korigovaná hustota podle vztahu (5), T_c a T_g jsou teploty referenčního resp. měřeného plynu, C_c , C_g je poměr relativní hustoty a Poissonovy konstanty v referenčním resp. měřeném plynu a K_3 , K_4 jsou koeficienty odvozené pro plyn jiný než je referenční. Při použití dusíku coby kalibračního plynu lze vztah (5) zjednodušit na:

$$\rho_{zt} = \rho_t \left[1 + \frac{K_3 \left(0,00236 - \frac{C_g}{T_g + 273,15} \right)}{\rho_t + K_4} \right] \quad (6)$$

Vibračními hustoměry lze měřit hustotu plynu v rozmezí cca (0,2 ÷ 400) kg·m⁻³, přesnost měřidel je přibližně 0,15 % měřené hodnoty pro zemní plyn.

Výhoda použití vibračních hustoměrů spočívá v přímém měření hustoty plynu. Typická instalace vibračního hustoměru pro měření hustoty zemního plynu protékajícího clonou je na **obr. 1**. Převodník hustoty plynu je umístěn v jímce



Obr. 1: Typická instalace vibračního převodníku hustoty

za primárním prvkem měření průtoku plynu (clonou, dýzou, Venturiho trubicí). Z obrázku je také patrná nevýhoda tohoto typu měřidel. Pokud není vibrační převodník hustoty, resp. jeho snímač, umístěn přímo do potrubí s proudící tekutinou, je nutné přivádět vzorek plynu impulzním vedením. V případě, že teplota okolí je rozdílná od teploty plynu proudícího potrubím, může dojít k ochlazení, nebo ohřevu vzorku plynu ve vedení k hustoměru a tím i ke změně jeho hustoty. Částečnou kompenzaci této nevýhody poskytuje instalační jímka, která je naplněna silikonovým olejem a částečně zanořena do potrubí.

Možnosti a pravidla umístění vibračního převodníku uvádí [5]. V případě měření průtoku clonou existují dvě možnosti instalace vibračního převodníku hustoty.

První je metoda s obnovou tlaku, jak název napovídá, tato metoda využívá obnovu tlaku po proudu za primárním prvkem, resp. tlakovou diferencí za clonou, k průtoku plynu hustoměrem. Vzorek plynu se po průchodu hustoměrem vrací do potrubí v prostoru odběrů za clonou, a to naproti místu odběrů pro měření diferenčního tlaku. V případě, kdy je hustoměr instalován tímto způsobem, je třeba zajistit, aby pokles tlaku na primárním prvku byl dostatečný pro průtok plynu hustoměrem. Tedy aby tlakové ztráty v přívodním vedení a na filtrech hustoměru byly menší než tlaková diference na primárním prvku. Případné redukční ventily nebo jiné prvky pro řízení průtoku nesmí být umístěny na přívodním vedení do hustoměru, a to z důvodu možného ovlivnění měření (vznik další tlakové diference a tedy změna hustoty v místě instalace měřila vůči hustotě v potrubí). Ve shodě s normou ISO 5167-1 se pro další výpočty používá hodnota hustoty v místě odběrů na primárním prvku.

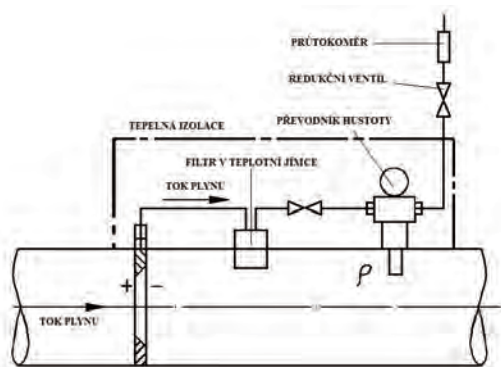
Další možností instalace vibračního hustoměru je na **obr. 2**, jedná se o instalaci s odfukem vzorku měřeného plynu. V případě této instalace je nezbytné zabránit usazeninám ze stěn potrubí ve vstupu do měřidla, čehož lze dosáhnout např. instalací filtrů na přívodním vedení. Jak je patrné z **obr. 2**, na výstupním vedení z hustoměru je škrticí prvek regulující průtok plynu. Pokles tlaku na tomto prvku může vést ke kondenzaci, vzniku námrazy a také k ucpaní výstupního vedení. Proto je vhodné přijmout taková opatření, která výše uvedenému zamezí. Případným zdrojem problémů zde také může být tlaková diference mezi hlavním potrubím a převodníkem tlaku, je tedy nezbytné ji minimalizovat.

V případě, kdy není možné dosáhnout teplotní rovnováhy mezi hustoměrem a vedením plynu, je možné provést korekci měřené hustoty ρ_d podle vztahu:

$$\rho_L = \rho_d \frac{Z_d}{Z_L} \cdot \frac{p_L}{p_d} \cdot \frac{T_d}{T_L} \quad (7)$$

kde Z_d je kompresibilita plynu v hustoměru hustota, Z_L je kompresibilita plynu v místě, pro které provádíme korekci, p_d je tlak plynu v hustoměru, p_L je tlak plynu v místě, pro které provádíme korekci T_d je teplota plynu v hustoměru, T_L je teplota plynu v místě, pro které provádíme korekci. Z výše uvedeného vztahu vyplývá, že v případě rozdílných kompresibilit v místě přepočtu a místě instalace hustoměru (tedy

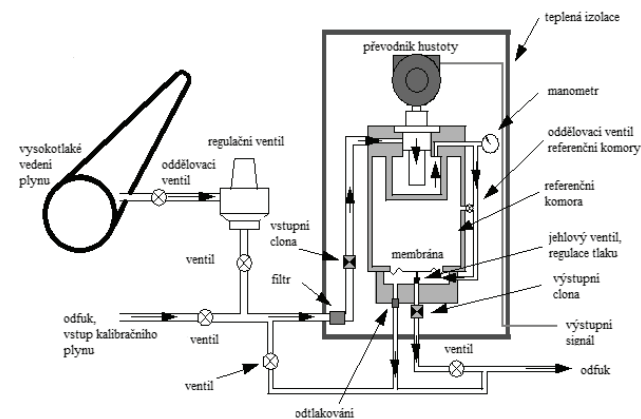
v případě, kdy neplatí $Z_L \cong Z_d$) je třeba kompresibility určit na základě znalosti složení měřeného zemního plynu.



Obr. 2: Instalace s odfukem vzorku plynu

Vibrační převodníky hustoty plynů jsou také součástí převodníků relativní hustoty plynů (gravimetrů).

Přístroj se skládá z plynové referenční komory konstruované tak, že obklopuje vibrační válec snímače hustoty plynu, čímž se dosahuje správné teplotní rovnováhy. Konstrukce zaručuje, že převodník pracuje za stejných podmínek teploty a tlaku, jaké má referenční plyn, přičemž hodnota hustoty získaná měřením v řízených podmínkách se vztahuje přímo k molární hmotnosti plynu a tím i k jeho relativní hustotě. Plynová referenční komora má konstantní objem, do kterého je nejprve vpuštěn vzorek referenčního plynu. Volba tlaku plynu v referenční komoře se volí podle rozpětí měřené relativní hustoty a požadované přesnosti. Princip a zapojení vibračního převodníku relativní hustoty je patrný z obr. 3.



Obr. 3: Princip a instalace převodníku relativní hustoty

Vzorek plynu prochází redukčním ventilem a poté přes filtry vstupuje do měřidla. Vzorek plynu se pak přivádí vnitřním potrubím tak, aby vstoupil do snímače hustoty plynu při vyrovnané teplotě jednotky. Poté plyn protéká dolů k řídicímu ventilu tlakové komory. Tlak referenčního plynu působí na dělicí membránu v komoře s ventilem řízení tlaku tak, že tlak plynu na obou stranách membrány je stejný, tj. tlaky plynu ve snímači hustoty plynu a v referenční komoře jsou si rovny. Se změnami okolní teploty se tlak konstantního objemu referenčního plynu bude měnit podle fyzikálních zákonů

pro plyny. Tato změna tlaku bude působit na tlak vzorku plynu tak, že změny teploty a tlaku ve snímači hustoty plynu se budou samy vyrovnávat. Jestliže tlak vzorku plynu převýší tlak v referenční komoře, pak se otevře ventil řízení tlaku, aby unikl přebytečný plyn výpustí na straně krytu. Tímto se tlak vzorku plynu vyrovná tlaku referenčního plynu. K zajištění průtoku plynu je třeba, aby byl vstupní tlak vyšší než referenční tlak, který naopak musí být vyšší než výpustný tlak. Celý přístroj musí být izolován tak, že náhlé změny okolní teploty nemají vliv na teplotní rovnováhu jednotky a nevznikají tak žádné chyby na základě teplotního šoku.

Změní-li se pracovní teplota, změní se také součinitel stlačitelnosti. Jestliže však referenční komora obsahuje podobný plyn, pak změny součinitele stlačitelnosti samy sebe ruší.

Stejně jako u vibračního převodníku hustoty plynů, tak i vibrační převodník relativní hustoty reaguje na změny relativní hustoty změnou periody výstupního signálu. Závislost relativní hustoty G na vstupní periodě je pak daná vztahem:

$$G = K_0 + K_2 \tau^2 \quad (8)$$

kde K_0 a K_2 jsou kalibrační konstanty daného měřidla.

4. Vliv instalačních podmínek

Vliv okolní teploty na měření hustoty pomocí vibračních hustoměrů je uveden výše. V případě, kdy je teplota měřeného zemního plynu odlišná od teploty okolí, dochází přes stěny přívodního vedení hustoměru k výměně tepelné energie a ve výsledku k ovlivnění přímého měření hustoty daného plynu. Touto problematikou se podrobněji zabývá [6], rozdíl teploty okolí a teploty média může způsobit rozdíl měřené hustoty a hustoty vypočtené pomocí pTZ metody až cca $0,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Proto proběhly experimenty, které měly za úkol minimalizovat vliv okolní teploty.

Pro minimalizaci chyby měření byla použita tepelná izolace měřidla a vedení od a k měřidlu. Experimentální měření proběhlo bez izolace a poté s různými úrovněmi izolace hustoměru. Výsledky experimentálního měření jsou uvedené níže, viz tab. 1.

Jak je patrné z Tabulky 1, již základní úroveň izolace velmi výrazným způsobem snižuje chybu měření. Použití trojitě izolace, kdy je zaizolováno měřidlo, přívody i box, ve kterém je měřidlo umístěno, snižuje původní chybu měření třicetinásobně.

Úroveň izolace	žádná	základní	úroveň I	úroveň II
Maximální chyba měření [kg/m^3]	1.00	0.15	0.10	0.03
Maximální relativní chyba [%]	2.50	0.40	0.25	0.10
Typická chyba měření [kg/m^3]	0.50	0.08	0.04	0.02
Typická relativní chyba [%]	1.50	0.20	0.10	0.05

Tab. 1: Vliv okolní teploty na měření hustoty vibračními hustoměry, srovnání vlivu různých úrovní izolace

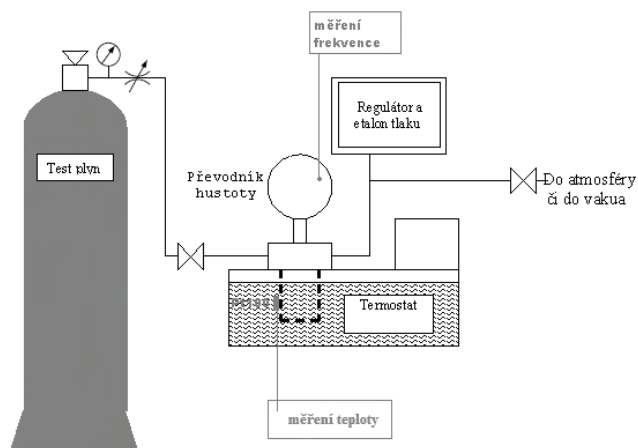
5. Metrologická návaznost vibračních převodníků hustoty

Kalibraci a ověřování vibračních převodníků hustoty v rozsahu cca $(0,5 \div 100) \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ provádí oddělení primární metrologie tlaku, vakua a malého hmotnostního průtoku ČMI OI Brno. Jako nejvhodnější byla pro pracoviště metrologie tlaku zvolena metoda, kdy je vibrační hustoměr zapojen v tlakovém okruhu, kde je udržován a měřen stabilní tlak i teplota vysoce čistého plynu známých termodynamických vlastností. S ohledem na potřeby zákazníka a dosažitelnou nejistotu stanovení hustoty byly jako referenční plyny vybrány vysoce čistý metan a dusík (ačkoli teoreticky nic nebrání použití libovolného nekorozivního a neškodlivého velmi čistého plynu s přesně definovanými termodynamickými vlastnostmi).

Aparatura etalonáže hustoty plynu se skládá z termostatizované lázně s homogenitou a stabilitou lepší než $0,01 \text{ }^\circ\text{C}$, ve které jsou umístěny kalibrované hustoměry, teplota je měřena odporovým platinovým teploměrem PT100, který se připevňuje k vnějšímu plášti ponořené části převodníku. Tlak v aparatuře je generován buď pístovým etalonem DHI PG 7000, nebo číslicovým tlakoměrem DHI PPC3. Výstupní signál převodníků hustoty měří čítače Agilent 53132A.

Jak je uvedeno výše, hustota je vypočtena jako funkce teploty, tlaku a složení plynu. Pro vypočtení hustoty plynu v aparatuře se používá software NIST RefProp [8], nejistota stanovení hustoty tímto způsobem je $0,02 \%$ MH pro dusík, $0,05 \%$ MH pro metan. Celková nejistota aparatury při měření za teploty $20 \text{ }^\circ\text{C}$, která vedle nejistoty výpočtu hustoty dále zahrnuje nejistoty teploty, tlaku, měření výstupního signálu a čistoty plynu, je cca $0,06 \%$ MH pro dusík a cca $0,09 \%$ MH pro metan. Při měření za teploty $55 \text{ }^\circ\text{C}$ je nejistota aparatury cca $0,10 \%$ MH pro dusík a cca $0,13 \%$ MH pro metan.

Základem kalibrace převodníku hustoty je stanovení kalibračních konstant za teploty 20°C podle vztahu (3). Termostatizovaná lázeň umožňuje měření i za zvýšené teploty a tím také stanovování konstant teplotní závislosti, viz (4). Stanovení konstant teplotní závislosti probíhá na základě měření při teplotě $20 \text{ }^\circ\text{C}$ a opakovaného měření při zvýšené teplotě. Význam konstant teplotní závislosti, jak již jejich označení



Obr. 4: Schéma aparatury etalonáže hustoty plynů

napovídá a jak je uvedeno výše, je v korekci měřené hustoty v závislosti na teplotě. V rámci kalibrace převodníku hustoty je také možné stanovit přepočtení konstanty dle vztahu (5) pro měření hustoty jiného než kalibračního plynu.

Validace kalibračních schopností proběhla na základě mezilaboratorních porovnání. Jelikož však tento druh služby, kromě Ruska, v Evropě žádný národní metrologický institut neprovozuje, tak se mezilaboratorní porovnání uskutečnila se soukromými firmami. Na přelomu 2012 a 2013 proběhlo porovnání DMPZ 0318-ZV-C8162-12 se slovenskou Plyno-regulou, na jaře 2013 pak BILC 71-163-12 s norským IKM Laboratorium. Obě porovnání byla úspěšná. Jako transfer-etalon sloužil převodník hustoty plynu Solartron, typu 78122AA.

6. Závěr

Existuje mnoho způsobů, jak určit hustotu plynu. Pro určení hustoty vysokotlakého zemního plynu se používají především dva z nich a to pTZ metoda a přímé měření pomocí vibračních převodníků hustoty. První způsob vyžaduje pro přesné stanovení hustoty hodnotu kompresibility za daných podmínek, kterou je dále možné určit více způsoby s různými mezemi použitelnosti. Přímé měření hustoty zemního plynu sice nepotřebuje znát kompresibilitu či složení, ale je náročné na teplotní stabilizaci měřidel. Vliv teploty okolního prostředí na vibrační hustoměry lze poměrně snadno eliminovat a to použitím vícevrstvé tepelné izolace. V takovém případě dávají oba způsoby stanovení hustoty zemního plynu téměř shodné výsledky.

Literatura:

- [1] VDI/VDE 2040 Part 2: Calculation Principles for Measurement of Fluid Flow Using Orifice Plates, Nozzles and Venturi Tubes, 1987
- [2] ISO INTERNATIONAL STANDARD: ISO 12213-2: Natural gas – Calculation of compression factor, Calculating using molar-composition analysis, 1997
- [3] ISO INTERNATIONAL STANDARD: ISO 12213-3: Natural gas – Calculation of compression factor, Calculation using physical properties, 1997
- [4] JAESCHKE, M., HUMPHREYS, A. E.: Standard GERG Virial Equation for Field Use, GERG TECHNICAL MONOGRAPH 5, 1991
- [5] ISO INTERNATIONAL STANDARD: ISO 15970: Natural gas – Measurement of properties – Volumetric properties: density, pressure, temperature and compression factor, 2008
- [6] HAJDUK, Tomáš, František STANĚK, Jiří TESAŘ a Zdeněk KRAJÍČEK. Accuracy limits of high pressure natural gas density measurement. *Metrologie*. 2010, LVII, nr.2, s. 24-33. ISSN 1220-546X.
- [7] PRAŽÁK, Dominik a Jiří TESAŘ. Hustota plynů. In: *Metrologie průtoku 2005: 25.-27.1.2005*. Brno: Český metrologický institut - Oblastní inspektorát Brno, 2005, s. 97-105. ISBN 802394312x.
- [8] Nist23. NIST. *National Institute of Standards and Technology* [online]. 2010, 11. 12. 2013 [cit. 2014-03-25]. Dostupné z: <http://www.nist.gov/srd/nist23.cfm>

MĚŘENÍ TEPLoty PŘI STANOVENÍ PRŮTOKU POMOCÍ CLONOVÝCH PRŮTOKOMĚŘŮ

Ing. Tomáš Hajduk, Ing. František Staněk, PhD.,
Ing. Radomil Zemek, Ing. Ondřej Prokeš, PhD.,
RNDr. Jiří Tesař, PhD.

Český metrologický institut, NET4GAS, s.r.o.

Abstrakt: Cílem tohoto příspěvku je porovnání metod přepočtu teploty plynu u měřicích systémů pro měření průtoku zemního plynu pomocí clonových měřidel průtoku. Tyto měřicí systémy jsou v České republice mimo jiné i z důvodu dlouhodobě dosahované velmi dobré opakovatelnosti měření průtoku používány v oblastech s největšími nároky na kvalitativní parametry měření. Širokého uplatnění tedy nacházejí především při mezinárodní přepravě zemního plynu, dodávkách zemního plynu distribučním společnostem, nebo i v technologických měřicích systémech podzemních zásobníků zemního plynu. V současné době lze pro předmětný přepočet teploty použít dvě metody. V tomto příspěvku budou obě tyto metody popsány a na základě provedených experimentálních zkoušek na reálné aplikaci vzájemně porovnány.

1. Teoretický úvod

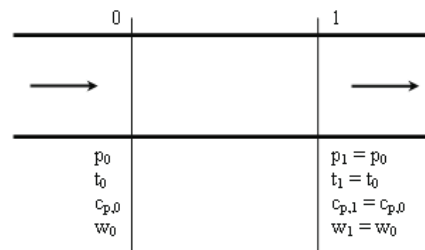
Jak již bylo uvedeno, měření plynu pomocí clonových měřidel založených na využití snímačů průtoku plynu s centrickou clonovou deskou má v České republice široké uplatnění v aplikacích charakterizovaných především vysokou přepravní kapacitou média. Jakákoliv systémová chyba nebo i používání méně přesné (zastaralé) metody pro určování hodnot fyzikálních veličin významných pro přesnost stanovení průtoku plynu měřicím systémem může mít vliv na vyrovnanost bilančního systému provozovatelů přepravních systémů a způsobit tak i nezanedbatelné finanční ztráty jednoho z účastníků obchodního vztahu (dodavatel versus odběratel). Při důrazu na zvyšování přesnosti měření průtoku formou implementace posledních vědecky ověřených poznatků do praxe je tedy nezbytné aplikovat tyto poznatky v rámci bilančních systémů systémově, aby byla souběžně s vysokou přesností zajištěna i jednoduchost měření.

Jedním z významných faktorů ovlivňujících přesnost měření průtoku je měření teploty zemního plynu. Teplota plynu má být z důvodu zachování laminárního profilu proudění měřena za primárním prvkem (clonou) a následně musí být přepočtena na podmínky před tímto primárním prvkem. Pro tento přepočet je v současné době možné použít buď přepočet pomocí KTE koeficientu, nebo pomocí Joule-Thomsonova součinitele.

1.1 Ideální proudění plynu

Uvažujme potenciální proudění ideálního plynu dokonale hladkým a tepelně izolovaným úsekem potrubí (obr. 1). V tomto případě budou stavové veličiny a tedy i rychlost, entalpie a entropie proudícího plynu konstantní v jakékoliv části potrubí. V plynu tedy nebude probíhat žádná energetická

přeměna. Parametry plynu jsou na konci úseku stejné jako na jeho začátku.



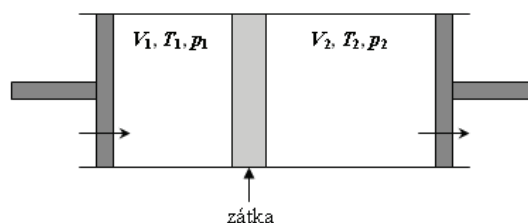
Obr.1: Ideální proudění plynu

1.2 Proudění plynu trubkou s vloženou clonou

Při zúžení průřezu potrubí například vloženou clonou dojde v místě zúžení ke zvýšení rychlosti proudícího plynu. Zároveň musí dojít ke změnám stavových veličin proudícího plynu. Před a za clonou se vytvoří víry, které zvýší entropii proudícího plynu. Zvýšením rychlosti částic plynu se sníží jejich teplota. V případě ideálního plynu je měrná tepelná kapacita nezávislá na teplotě a tlaku plynu. Jestliže je před škrcením a po škrcení entalpie plynu stejná, potom je stejná i teplota plynu. Škrcením reálných plynů se ovlivňuje změna měrné tepelné kapacity C_p , která je u reálných plynů funkcí teploty a tlaku. Vložením clony do potrubí tedy vznikne trvalá tlaková ztráta a také se sníží teplota proudícího plynu. Tuto změnu popisuje Joule-Thomsonův jev.

1.3 Joule-Thomsonův jev

Vnitřní energie reálného plynu závisí jak na teplotě, tak i na objemu plynu. Tuto skutečnost dokazuje Joule-Thomsonův jev. Lze jej prokázat jednoduchým pokusem, při protlačení plynu v tepelně izolované trubici přes pórovitou zátku (obr. 2).



Obr. 2: Joule-Thomsonův jev

Tlak p_1 větší než p_2 způsobí protlačení plynu přes škrtící zátku, jejíž pórovitá struktura způsobuje škrcení plynu, takže nevzniká vírové proudění a také rychlost proudění je malá. Při ustáleném proudění můžeme pozorovat, že plyn při expanzi přes zátku bude mít na každé straně zátky jinou teplotu. Je, při kterém plyn při expanzi mění teplotu při změně objemu se nazývá Joule-Thomsonův jev.

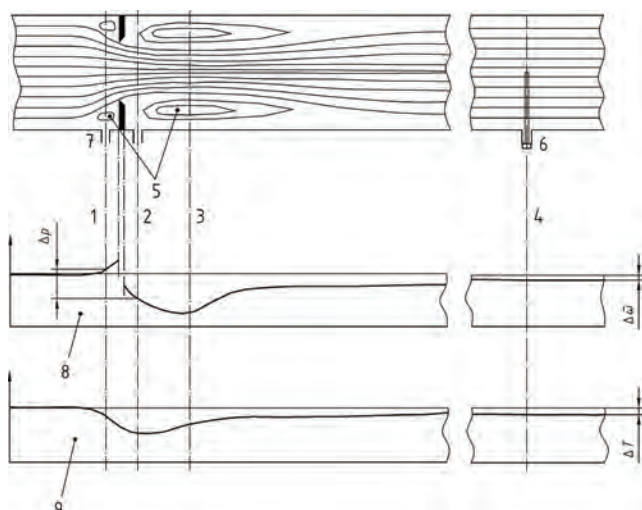
Experimentálně bylo zjištěno, že všechny reálné plyny se při dostatečně vysokých teplotách při Joule-Thomsonově jevu ohřívají ($T_2 > T_1$), při dostatečně nízkých teplotách se ochlazují ($T_2 < T_1$).

1.4 Clonové měřidlo protečeného množství plynu

Princip clonového měřidla protečeného množství plynu spočívá v zabudování clonové desky do potrubí, v němž měřený plyn protéká plným profilem. Vložením clonové desky do potrubí vznikne tlaková diference před a za clonou, která je měřena snímačem diferenčního tlaku. Z naměřené hodnoty diferenčního tlaku, geometrických parametrů clonové desky a potrubí a vlastností protékajícího plynu (teploty, tlaku, dynamické viskozity, složení, hustoty) se potom určí protečené množství plynu.

Důležitým předpokladem pro správné měření pomocí clonového měřidla protečeného množství plynu je laminární profil proudění. Z tohoto důvodu je doporučeno umístění jímky teploměru, která by mohla profil proudění narušit, za clonovou desku. Měřidlo teploty plynu je tedy ve většině případů umístěno za clonovou deskou a teplota plynu je následně přepočítávána na podmínky před tímto primárním prvkem.

Jak bylo uvedeno výše, vložením clonové desky do potrubí vznikne nejen trvalá tlaková ztráta, ale také se změní teplota proudícího plynu. Aproximativní profily průtoku, tlaku a teploty v clonovém měřicím systému jsou znázorněny na **obr. 3**.



- Legenda 1** – rovina předních odběrů tlaku,
 2 – rovina zadních odběrů tlaku,
 3 – rovina odběrů „vena contracta“ (nejvyšší rychlosti),
 4 – rovina teploměrné sondy,
 5 – oblasti sekundárních proudů,
 6 – teploměrná jímka nebo trubice,
 7 – odběry tlaku,
 8 – rozdělení tlaku u stěny potrubí,
 9 – rozdělení střední teploty.

Obr. 3: Aproximativní profily průtoku, tlaku a teploty v clonovém měřicím systému

1.5 KTE koeficient

Pro přepočet teploty pomocí KTE koeficientu je použit, jak již vyplývá z názvu, KTE koeficient. Tento koeficient je stanoven z izentropického exponentu měřeného plynu. Hodnota KTE koeficientu je potom dána vztahem:

$$\text{KTE} = \frac{\kappa - 1}{\kappa}, \quad (1)$$

kde KTE je KTE koeficient [-] a κ je izentropický exponent měřeného plynu [-].

Při měření průtoku zemního plynu je hodnota izentropického exponentu zemního plynu většinou stanovena jako konstanta $\kappa = 1,36$. Koeficient KTE má potom také konstantní hodnotu $\text{KTE} = 0,2647$. Hodnotu izentropického exponentu lze ovšem také stanovit výpočtem ze složení zemního plynu. Izentropický exponent je závislý jak na složení zemního plynu, tak i na jeho teplotě a tlaku.

1.6 Joule-Thomsonův součinitel

V případě přepočtu teploty pomocí Joule-Thomsonova součinitele je třeba stanovit hodnotu tohoto koeficientu. V normativním předpisu ČSN EN ISO 5167-1:2003 je Joule-Thomsonův koeficient definován jako rychlost změny teploty se zřetelem k tlaku při konstantní entalpii:

$$\mu_{JT} = \left. \frac{\partial T}{\partial p} \right|_H \quad \text{nebo} \quad \mu_{JT} = \left. \frac{R_u \cdot T^2}{p \cdot C_{m,p}} \frac{\partial Z}{\partial T} \right|_p, \quad (2)$$

kde μ_{JT} je Joule-Thomsonův součinitel [K/Pa], T je absolutní (termodynamická) teplota [K], p je statický tlak plynu proudícího potrubím [Pa], H je entalpie [J/mol], R_u je univerzální plynová konstanta [J/(mol×K)] ($R_u = 8,31451$ J/(mol×K)) dle ČSN EN ISO 6976, $C_{m,p}$ je molární tepelná kapacita při konstantním tlaku [J/(mol×K)] a Z je faktor kompresibility [-].

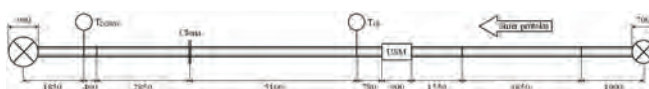
Joule-Thomsonův koeficient je závislý jak na složení zemního plynu, tak na jeho tlaku a teplotě. Pro výpočet Joule-Thomsonova koeficientu lze také použít přibližné vztahy. Pro zemní plyn je to vztah definovaný v ISO/TR 9464:2008:

$$\mu_{JT} = 0,35 - 0,00142t + (0,231 - 0,00294t + 0,0000136t^2) \cdot (0,998 + 0,00041p - 0,0001115p^2 + 0,0000003p^3), \quad (3)$$

kde μ_{JT} je Joule-Thomsonův součinitel [°C/bar], t je teplota plynu [°C] a p je statický tlak plynu proudící potrubím [bar].

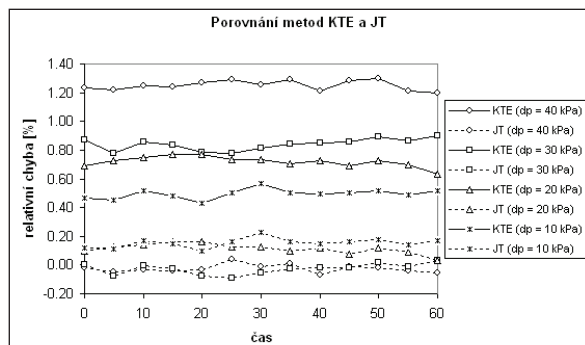
2. Experimentální porovnání metod přepočtu teploty zemního plynu

Experimentální měření bylo provedeno na měřicím systému DN300 umístěné na vnitrostátní předávací stanici zemního plynu Hrušky společnosti NET4GAS s.r.o. (**obr. 4**). Tato trať má vnitřní průměr potrubí $D = 300,8$ mm a je zde jako primární prvek použita centrická clona s přírubovými odběry tlaku a průměrem otvoru $d = 179,953$ mm. Pro ověření správnosti přepočtu teploty byl použit odporový snímač teploty s převodníkem umístěný ve vzdálenosti $17D$ (5100 mm) před clonou. Součástí tohoto měřicího systému byl také ultrazvukový průtokoměr (USM).



Obr. 4: Schéma měřicího systému předávací stanice Hrušky společnosti NET4GAS s.r.o.

Měření bylo provedeno za běžných provozních podmínek na této stanici. Absolutní tlak zemního plynu se pohyboval kolem hodnoty $p \approx 5800$ kPa a teplota $t \approx 18$ °C. Pomocí regulace průtoku plynu byly nastaveny hodnoty diferenčního tlaku měřeného na primárním prvku přibližně na hodnoty $\Delta p \approx (10; 20; 30; 40)$ kPa. Na **obr. 5** jsou znázorněny relativní chyby pro přepočet teploty plynu oběma porovnávanými metodami vůči teplotě naměřené ve vzdálenosti 17D před clonou.



Obr. 5: Experimentální měření VPS Hrušky

3. Porovnání metod přepočtu teploty zemního plynu pomocí výpočetního software

Při experimentálním porovnání metod přepočtu teploty zemního plynu nebylo z provozních důvodů předávací stanice možné regulovat absolutní tlak a teplotu zemního plynu. Z tohoto důvodu bylo provedeno porovnání těchto metod pomocí validovaného výpočetního software Ngfc v1.9. Pro toto porovnání byly jako vstupní hodnoty výpočtu brány parametry měřicího systému, při nichž byla prováděna experimentální měření. Parametry měřicího systému a hodnot použitých pro výpočty jsou uvedeny v **tab. 1**.

Veličina	PS Hrušky	Jednotka
průměr potrubí	300,80	mm
průměr clony	179,953	mm
diferenční tlak	15; 30; 45	kPa
absolutní tlak	4; 5; 6	MPa
teplota	12; 17; 22	°C

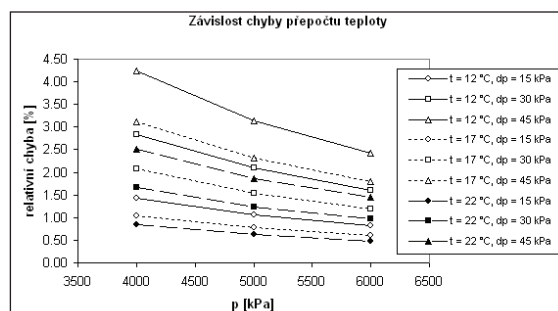
Tab. 1: Parametry měřicího systému

Pro výpočet bylo dále použito složení zemního plynu (**tab. 2**), které bylo dlouhodobě sledováno na experimentálním měřicím systému popsaném v kapitole 2.

Složka plynu	Obsah [%]
dusík	0,8074
oxid uhličitý	0,1493
methan	96,8742
ethan	1,4880
propan	0,4955
n_butan	0,0771
iso_butan	0,0788
n_pentan	0,0110
iso_pentan	0,0162
hexan	0,0025

Tab. 2: Složení zemního plynu

Dalšími parametry potřebnými pro výpočet protečeného množství zemního plynu jsou hutnota a spalné teplo zemního plynu, které jsou použity pro výpočet kompresibility metodou SGERG-88 dle ČSN EN ISO 12213-3. Hutnota a spalné teplo byly v tomto případě stanoveny výpočtem dle normativního předpisu ČSN EN ISO 6976. Hutnota při tlaku 101,325 kPa a teplotě 0 °C je $d = 0,5747$ a hodnota spalného tepla při tlaku 101,325 kPa a teplotě 25/0 °C je $H_s = 40,37$ MJ/m³. Na **obr. 6** jsou znázorněny relativní chyby metody s KTE koeficientem vůči metodě s Joule-Thomsonovým součinitelem pro různé kombinace vstupních veličin (diferenční tlak, absolutní tlak a teplota).



Obr. 6: Hodnoty vypočtené kontrolním programem Ngfc v1.9

4. Závěr

Cílem příspěvku bylo porovnání teoretických modelů přepočtu teploty zemního plynu měřené za primárním prvku na teplotu zemního plynu před primárním prvku na základě provedených experimentálních zkoušek v reálné měřicí aplikaci. Výsledky provedených experimentů prezentované na **obr. 6** potvrzují, že rozdíl mezi jednotlivými metodami se pohybuje v rozmezí od desetin po jednotky procent z měřené hodnoty teploty plynu. Současně lze konstatovat, že přesnost přepočtu nezávisí pouze na volbě metody, ale také na reálných podmínkách měření (absolutní tlak, teplota, diferenční tlak...).

Jak je patrné z **obr. 5**, hodnoty teploty přepočtené pomocí Joule-Thomsonova součinitele dosahují lepší shody s naměřenými hodnotami před primárním prvku, než hodnoty teploty přepočtené pomocí KTE koeficientu. Tento předpoklad byl potvrzen provedením experimentálních zkoušek na předávací stanici zemního plynu Hrušky provozované společností NET-4GAS s.r.o (**obr. 4**).

5. Seznam použité literatury

- ČSN EN ISO 5167-1 Měření průtoku tekutin pomocí snímačů diferenčního tlaku vložených do zcela zaplněného potrubí kruhového průřezu – Část 1: Obecné principy a požadavky. Český normalizační institut, 2003.
- ČSN EN ISO 5167-2 Měření průtoku tekutin pomocí snímačů diferenčního tlaku vložených do zcela zaplněného potrubí kruhového průřezu – Část 2: Clony. Český normalizační institut, 2003.
- ČSN EN ISO 12213-3 Zemní plyn – Výpočet kompresibilitního (kompresního) faktoru – Část 3: Výpočet pomocí fyzikálních vlastností, 2006.
- ČSN EN ISO 6976 Zemní plyn – Výpočet spalného tepla, výhřevnosti, hustoty, relativní hustoty a Wobeho čísla, 2006.
- ISO/TR 9464 Guidelines for the use of ISO 5167:2003, ISO 2008.

ORGANIZACE PRÁCE V LABORATOŘI - 3

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.

Úvodem

Dobrá organizace práce je základním předpokladem správné činnosti laboratoře. Není nic horšího, než když kalibrační nebo zkušební laboratoř má dokumenty zavedeny jen proto, aby prošla audity a mezi návštěvami posuzovatelů se na vše rychle zapomene.

Také proto je této problematice v časopise Metrologie věnována soustavná pozornost. Tento text je třetí díl seriálu k uvedené problematice, předchozí části viz [1] a [2].

Norma 17025, odstavec 5.3 Prostory a podmínky prostředí

Norma požaduje, aby vybavení laboratoře pro provádění kalibrací, včetně zdrojů energie, osvětlení a podmínek prostředí bylo takové, aby bylo usnadněno správné provádění kalibrací. Laboratoř musí monitorovat, řídit a zaznamenávat podmínky prostředí v souladu s požadavky příslušných specifikací, metod a postupů a také v případě, kdy ovlivňují kvalitu výsledků. Sousední prostory musí být efektivně odděleny. Přístup do prostor, které ovlivňují kvalitu kalibrací, musí být řízen; rovněž musí být řízeno využívání těchto prostor. Laboratoř musí na základě konkrétních okolností stanovit rozsah řízení. V laboratoři musí být přijata opatření k zajištění pořádku a úklidu. Podle potřeby musí být vypracovány zvláštní postupy.

Problematika řešení vlivu prostředí a prostorů se zlepšila a nejsou zde obvykle potíže. Klimatizace je dostupná, levná a vybavená. Dost často však nejsou řešeny rozvody vzduchu a v laboratoři vznikají velké gradienty teploty. Navštívil jsem za 50 let jen jednu laboratoř, kde se řešil rozvod vzduchu klimatizace textilními hadicemi, které po celé délce rovnoměrně „dýchaly“. Máme už některé laboratoře, které průběžně monitorují prostředí v několika místech laboratoře, ale teplota se stále ještě většinou neměří na pracovním místě v místě měření nebo na měřeném etalonu. Teploměr je stále ještě často umístěn tak, aby ukazoval vyhovující prostředí. Na tento problém je podrobněji zaměřen například check list akreditačního orgánu A2LA z USA. V převážné většině případů tedy neměří laboratoře teplotu na etalonech ani neznají teplotní závislost použitých etalonů. Jen některé nejnovější elektronické přístroje mají vestavěný teploměr umožňující sledovat teplotu uvnitř přístroje. Sledování vnitřní teploty umožní porovnat, jak se tato teplota liší od teploty při kalibraci a jak se mění. Výhodou je, že jsou snadno dostupné elektronické teploměry se záznamem v paměti, které umožňují dlouhodobě monitorovat deklarovaný stav prostředí včetně jeho driftů. Problematika vlhkosti se většinou neřeší z cenových důvodů a závislost na atmosférickém tlaku je nutné započítávat do nejistot tam, kde se uplatní. Laboratoře se stíněnými prostory pro odstranění vlivu rušení jsou velmi výjimečné, drahé a při amatérské improvizaci nedosahují požadovaných parametrů. Podstatně menším problémem je v současné době zajištění nepřerušování síťového napájení

u nejnáročnějších měření, protože je k dispozici dostatek komerčních zálohových zdrojů.

Referenční teplota je dána dohodou mezi výrobcí a uživateli měřidla. Může se lišit podle historických souvislostí, podle oboru měření, nebo i podle zeměpisné oblasti, ve které se měří. Tak vznikly různé referenční teploty. Například v původním návrhu metrické soustavy byla referenční teplota 0°C (prototyp metru aj.), pro letectví se používá 15°C, pro délky a celou oblast měření v Rusku a jeho okolních státech 20°C, dříve byla u nás oblíbená teplota 21°C, nyní je pro elektro 23°C, (IUPAC pro chemii) a tropické oblasti používají 25°C, Holandské vojenské loďstvo měří odpory při 27°C. Referenční teplota 0°C pro délková měření byla velmi nepraktická, protože ve strojírenství nejčastěji používané materiály mají rozdílné teplotní závislosti, ocel $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ a mosaz $24 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ a při přepočtu na běžné provozní teploty docházelo k neúnosným chybám. Proto Angličané navrhli pro délková měření 20°C. Formálně byla referenční teplota 20°C jednomyslně přijata 15. dubna 1931 na setkání Mezinárodního výboru pro míry a váhy a v roce 1951 normalizována doporučením ISO s číslem 1. Od té doby se sice vyskytlo několik návrhů na změnu referenční teploty, ale kvůli obrovským nákladům na provedení takové změny je nepravděpodobné, že by k nějaké úpravě došlo. Proto dodnes délkaři mrznou v laboratoři na rozdíl od většiny ostatních oborů, kde se časem u nás prosadilo příjemných $(23 \pm 1)^{\circ}\text{C}$.

Podstatnou výhodou je postupující elektronizace měření a stále zvyšování odolnosti elektronizovaných zařízení vůči vlivům prostředí, kde se pro moderní elektronizovaná zařízení stává běžné $(23 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.

Nevýhodou je, že referenční teplota není nejen pro všechny veličiny, ale i pro různé zeměpisné oblasti stejná. Pro nové běžné přístroje elektro, DMM a kalibrátory to řeší širší rozsah referenční teploty, $(23 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, což vyhoví pro všechny běžné (kancelářské) prostory v celém světě. Pro etalony elektrických prvků je teplota velmi důležitá a proto se používají pro přesná měření, tam kde je to potřebné, přesné termostaty (až do cca $(23,000 \pm 0,002)^{\circ}\text{C}$). Specifické jsou tepelné citlivé měřicí metody, které na jedné straně potřebují konstantní prostředí, na druhé je ale nutné spolehlivě odvést vznikající teplo.

Obtížnější podmínky mají v praxi laboratoře pro délkové veličiny, teplota 20°C, má být udržovaná s co možná nejmenším kolísáním, obvykle pro přesná měření $(20 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$, což se využívá např. při kalibraci koncových měrek, ale je už náročná na provedení klimatizace, pro kalibrace běžných pracovních měřidel se volí $(20 \pm 1)^{\circ}\text{C}$, příp. $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ až $(20 \pm 4)^{\circ}\text{C}$. To se dosáhne snáze, ale i tak je vždy obtížnější mít možnost v laboratoři teplotu snižovat než u jiných oborů, s vyšší teplotou, ke postačí řídit dotápění. V laboratoři délek musí být minimalizováno proudění vzduchu a prašnost. Relativní vlhkost vzduchu by se měla pohybovat v rozmezí $(50 \pm 15)\%$ z důvodu zamezení vzniku koroze na měřidlech, což znamená další požadavek vedoucí k použití dokonalejší a i dražší klimatizace. Protože se při délkových měřeních

jedná o práci spojenou s velkou náročností na rozlišení detailů, musí mít světlo dostatečnou intenzitu, ale nesmí oslňovat (min. 500 lx + přisvětlení až na 800 lx v místech, kde se provádí měření).

Umístění délkové laboratoře v budově musí být na takovém místě, které bude eliminovat vlivy způsobené vibracemi anebo chvěním (tj. nikoli v blízkosti provozů jako je např. kovárna, či průjezdu těžkých vozidel) a zároveň zajišťovat teplotní stabilitu prostředí (nejlépe uprostřed budovy v přízemí, případně suterénu). Laboratoře, ve kterých jsou prováděny kalibrace měřidel délky, je vhodné situovat do nižších pater i z důvodu instalace etalonů (délkoměry, velké průměrné desky apod.), které bývají masivní a tedy i těžké. Obtížné je řešení v malých laboratořích, které mají jen jednu místnost a měří délkové i jiné veličiny, tedy potřebují $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ i $(20\pm 2)^\circ\text{C}$ pro kombinované metrologické pracoviště. Pro elektrické veličiny se většinou opustily přísnější požadavky $(23\pm 1)^\circ\text{C}$ na méně přísné $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ a moderní multimetry i kalibrátory se už většinou dělají bez nároků na klimatizaci pro požadovaných $(23\pm 5)^\circ\text{C}$.

Kalibrovaný přístroj má být před kalibrací stabilizován v prostředí co nejbližšímu referenční teplotě. Doba ustálení není dogma, ustálení pro malá zařízení bez ohřevu vlastním příkonem může být podstatně kratší než pro velké přístroje a pro přesná měření etalonů. Laboratoře často ve svém kalibračním postupu uvádí, že přístroj před kalibrací musí být temperován po dobu 8 hodin při předepsané teplotě před kalibrací. To ale může být v některých případech omezující požadavek a je přitom zcela zbytečný, zvláště při práci mimo stálé laboratorní prostory. Tam se dokonce někdy situace obrací – měřidla, která jsou kalibrována a jsou součástí technologických celků, jsou vytemperována, ale etalony, které vezeme z kalibrační laboratoře ve vozidle, pracovní teplotu mít nemusí, zvláště v zimním období. Nejdůležitější je to při simulaci termoelektrických článků, kde je nezbytná stejná teplota studeného konce procesního kalibrátoru teploty i měřícího řetězce. Pokud má laboratoř měřící vůz s klimatizovaným prostorem, není problém (obvykle jsou používány pro měřidla a přípravky z výdejen – délka, úhel), ale měřící řetězce se musí kalibrovat přímo v provozu, kde není měřící vůz nic platný a kde kromě teploty mohou být i jiné vlivy a pracovníci provádějící kalibrace je musí umět posoudit. Některé kalibrace je vhodné provádět i bez přítomnosti obsluhy v době nejmenšího rušení, (např. v noci). I tady musí být prokazatelně zjištěno zda teplota (vlhkost) nevybočila po dobu kalibrace z požadovaných mezí, v praxi to obvykle znamená mít časový záznam výsledků měření a současně i časový záznam průběhu teploty.

V oboru hmotnost, např. při kalibraci vah u zákazníka, je někdy v prvotních záznamech často uváděna teplota a vlhkost na začátku a na konci kalibrace, ale správně nás musí zajímat minimální a maximální hodnoty teploty, dosažené po celou dobu kalibrace.

Pro sledování stability teploměrných sond pro sledování vlivu prostředí v laboratoři je výhodou, že je snadné realizovat s dostatečnou přesností mezilhůtové kontroly pro teplotu 0°C (rozdrcený led s vodou).

Dříve často kalibrační laboratoře zbytečně uváděly nízké toleranční pásmo pro vlhkost. Např. $(50\pm 15)\%$ r.v. V zimních měsících, kdy bývá nízká vlhkost, to znamená nutnost dovlhčování a v létě náročné snižování vlhkosti. To je pak obtížné dodržet a přitom to charakter kalibrace většinou nevyžaduje. Vlhkost vzduchu $(50\pm 15)\%$ má u délkových měření význam z hlediska možné koroze, u elektricky zpracovávaných měření příliš malá vlhkost zvyšuje nebezpečí vlivu elektrostatické elektřiny.

Důležité jsou nejenom podmínky prostředí, ale i podmínky měření. Podmínky měření jsou mnohdy velmi významné a často zanedbávané i v popisu měření na kalibračním listu. Například při vf elektro měření jsou konektory velmi důležité, a proto při měření prvků pro vyšší frekvence je nezbytné jejich zapojení dokonale popsat. V některých měřeních se uplatní i orientace vzhledem k zemskému magnetickému poli (Etalony kapacity s plynným dielektrikem, volnoběžné krystalové oscilátory).

Norma 17025, odstavec 5.4.6 - Odhad nejistoty měření

Kalibrační laboratoř musí mít a používat pro všechny kalibrace a typy kalibrací postup pro odhad nejistoty měření. Při odhadování nejistoty měření musí být za použití vhodných metod analýzy vzaty v úvahu všechny složky nejistoty, které jsou v dané situaci důležité. Při odhadování nejistoty měření zpravidla není brána v úvahu předpověď dlouhodobého chování kalibrované položky.

Koncept nejistot se používá v mezinárodním měřítku od roku 1993, kdy byla bez diskuse příkazem zavedena jako povinnost pro všechny akreditované kalibrační laboratoře v Evropě. Náběh byl pomalý. Problém zavedení systému u nás bylo, že požadavky při akreditaci ustrnuly na prvním požadavku EA v době zavádění nejistot, uvést jen příklad výpočtu nejistot. Příklad je ale něco podstatně jiného, než kompletní výpočet pro celý deklarovaný rozsah měření, srovnajte, prosím s požadavky v Itálii, viz [3]. Je s podivem, že ještě dnes jsou u nás akreditované laboratoře, které nejsou schopny dokladovat celý rozsah stanovení nejistot. Jinde v zahraničí už to není možné. Kompletní dokumenty pro výpočet nejistot kalibrační laboratoře elektro jsou obsáhlé mají často přes 50 stran. Ale i v zemích s dlouhou tradicí akreditace někdy ve výpočtech CMC najdeme chybu nebo nejednotnost. Například převážná většina laboratoří elektro ve světě měla jako referenční etalon multimetr Agilent 3458 A. Porovnáme-li ale jejich CMC, liší se až 1:4 a to nelze vysvětlit různou úrovní navázání. Pro DMM 3458 A každý zkušený posuzovatel ví, že specifikace DMM se zhorší až o 12 ppm pro vliv ohřevu při měření DC napětí nad 100 V do 1000 V, ale najdete řadu organizací, které tento vliv nezapočítají a nemají to nijak zdůvodněné (například validací pro konkrétní kus multimetru). Je to bohužel způsobeno špatnou prací se specifikací výrobce v laboratoři, teplotní závislost děliče je uvedena ve specifikaci až v poznámce 9. V principu může laboratoř stanovit CMC větší, než dosahuje, ale nesmí stanovit neodůvodněně menší. V roce 1993 vznikl základní materiál pro výpočet nejistot (GUM), který však byl příliš vědecky složitý pro využití v praxi, proto se

dokumenty upravovaly a doplňovaly na jednodušší, v Evropě je to EA-4/02. S tím souvisel i vývoj specializovaných programů pro výpočet nejistot. Obecně se ale příliš v praxi neosvědčily, specializované, pro konkrétní etalony se ukázaly velmi praktické (Rohde Schwarz). Většina laboratoří má řadu etalonů nižší úrovně návaznosti kalibrovaných většinou přímo v laboratoři a i ty by měly mít vlastní CMC. Problém kalibračních laboratoří elektro je i to, že mají řadu etalonů pro každou veličinu a každý z těchto etalonů má vlastní "CMC" (jako nejlepší schopnost měření s příslušným etalonem). Uvádění nejistot u všech měřených hodnot v kalibračním listě je pro akreditované laboratoře předepsáno a není o tom možné diskutovat. Často ale není uvádění nejistot pro zákazníka zvláštním přínosem, protože neví, jak přesný byl etalon použitý při kalibraci. To pěkně ukazoval nyní již většinou opuštěný princip TUR (poměr nejistot při kalibraci), který měl výhodu v jednoduchosti a přehlednosti. Tam, kde se provádí kalibrace v automatizovaném systému, obvykle je součástí programu i výpočet nejistoty a nebývají závažnější potíže. Horší je to u množství rozličných, ručně ovládaných kalibrací. Časem se vyvinuly dva přístupy k udávání nejistot. Použití přichystaných tabulek v Excelu je jednoduché a umožní rychlou a správnou práci. Běžná praxe často vychází z předem připravených vzorů kalibračních listů, kde v lepším případě jsou nejistoty přepočítány po dosazení do tabulek v Excelu, často ale stanoveny někdy v minulosti a používány stále stejně.

Protože převážná většina měření v oblasti elektrických veličin nemůže probíhat automaticky, protože kalibrované přístroje to neumožňují nebo je počet kalibrací určitého typu přístroje v laboratoři tak nízký, že se nevyplatí příprava automatizované kalibrace, bylo zavedení konceptu nejistot dosti velkou zátěží pro laboratoře. Nejistoty typu A se uplatní v klasickém tvaru jen u některých měření, často při náročnějších měřeních provádí vhodné statistické výpočty a úpravy kalibrovaný přístroj sám, u jednoduchých přístrojů je zase údaj stabilní. Některé firmy při výrobních kontrolách měří jen jednou, ale dosazují do výpočtu nejistoty typu A, stanovenou při validaci pro kontrolovaný typ a kalibrační bod. Často se však nerespektuje opakovatelnost a reprodukovatelnost měření a s tím související složky nejistoty. Určení nejistoty A z několika po sobě následujících měření vyhodnocuje jen vliv krátkodobého šumu, který je u přesnějších přístrojů již potlačován všemi dostupnými prostředky, včetně vyhodnocení ze skupin opakovaných měření. Tím více vyniká vliv šumu na nejnižších částech frekvenčního spektra, který vede k driftu typu „náhodné procházky“. Pak je výhodnější pracovat s dlouhodobým záznamem (pokud to doba dostupná k měření umožní) a vyhodnocovat drift podle horní a dolní meze v době měření. V současné době se zatím kontrola výpočtu nejistot stále často omezuje jen na vzorové příklady. Norma ISO IEC 17025 však vyžaduje znalost složek nejistot v celém měřeném rozsahu a jejich podrobná znalost včetně kvantifikace pro různá konkrétní použití je mnohem náročnější a složitější než uvedení příkladu. Velmi obtížně kvalifikovatelnou složkou nejistot bývají parazitní jevy a rušení, které nemusí být někdy vůbec odhaleny.

Větší akreditovaná laboratoř elektrických veličin má v elektrických veličinách CMC uvedeno průměrně asi 500 údajů. Všechna tato CMC by měla být odvozena, dokladována a pracovníci by je měli znát nebo snadno dohledat, což vyžaduje obsáhlý řízený dokument nebo sadu dokumentů. Mezinárodní dokument ILAC-P14:01/2013 *Politika ILAC pro nejistoty při kalibraci ILAC Policy for Uncertainty in Calibration* uvádí v bodě N6, *CMC jednotlivých NMI, jež jsou publikovány v KCDB, poskytují jedinečnou a partnerskými institucemi ověřenou možnost návaznosti na jednotky SI nebo, pokud to není možné, na dohodnuté referenční hodnoty nebo odpovídající etalony vyšší úrovně. Posuzovatelům akreditovaných laboratoří se doporučuje nahlédnout do KCDB (<http://kcdb.bipm.org>) vždy při přezkoumání laboratoří stanovené hodnoty nejistoty a její bilance pro zajištění, že uváděné hodnoty nejistoty jsou konzistentní s hodnotami NMI, na které se laboratoř ve své návaznosti odvolává.* Tento pokyn se ale často nedodrzuje ani v zahraničí. KCDB je a vždy bude užší než praxe a nejnovější a technicky nejzajímavější obory často nejsou návazné na KCDB. Špičková zařízení jsou často návazná jen pro nepodstatné části parametrů. Nejmodernější přístroje vždy předbíhají možnosti oficiální metrologie, která je pomalá, vzhledem k potřebě potvrdit výsledky jejich dlouhodobou stabilitou, validací i mezinárodními porovnáním, než může být uvedena v KCDB.

Norma 17025, odstavec 5.5 - Zařízení

Laboratoř musí mít veškeré potřebné prostředky pro správné provádění kalibrací (včetně přípravy kalibračních položek, zpracování a analýzy kalibračních údajů). V případech, kdy laboratoř musí použít zařízení, které není pod jejím trvalým řízením, musí zajistit, aby byly splněny požadavky této mezinárodní normy. Zařízení, a jeho softwarové vybavení používané při kalibracích musí být schopno dosahovat požadované přesnosti a musí být ve shodě se specifikacemi, které se vztahují k příslušným kalibracím.

Je-li zapotřebí provádět mezikalibrační kontroly, aby se zachovala důvěra ve stav kalibrace zařízení, musí se tyto kontroly provádět periodicky podle stanoveného postupu. Vznikne-li na základě kalibrací soubor korekčních faktorů, musí mít laboratoř postupy zajišťující, že jakékoli kopie (např. v počítačovém softwaru) jsou správně aktualizovány. Kalibrační zařízení (včetně jak softwaru, tak hardwaru) musí být chráněno před justováním, které by mohlo znehodnotit výsledky kalibrací.

Zařízení je určující pro dosažitelné možnosti laboratoře. Oblast zařízení při měření elektrických veličin přestává být hlavním problémem, (obecně, pro určitou laboratoř to problém být může). Prakticky po celém světě se používají zařízení stejných výrobců a podobné kvality. Většinou jsou již naše laboratoře vybaveny srovnatelně se zahraničními. Častým problémem obsluhy je to, že zařízení nezná dostatečně z hlediska parazitních vlastností a trendů driftu a neovládá obsluhu v plném rozsahu. Jen málokde se podaří, aby metrolog soustavně pracoval s malým souborem etalonů a měřidel, které by pak mohl poznat velmi podrobně. Nejen pro oblast elektrických měření, ale stále více i pro ostatní obory se po-

užívají měřidla složená z převodníku a elektronického měřicího přístroje. Při absenci spolehlivých informací, by měla být přijata specifikace výrobce jako vodítko pro počáteční maximální doby mezi rekalibracemi. To musí být doplněno pravidelnými mezilhůtovými porovnáními mezi referenčním etalonem a dalším vhodným etalonem. Na počátku musí být mezilhůtová porovnání prováděna v intervalech, které jsou nejvýše polovina intervalu určeného pro externí kalibrace. Všechna mezilhůtová porovnání musí být zaznamenána a vyhodnocena.

Intervaly mezi rekalibracemi mohou být prodlouženy jen na základě známé historie a důvěry ve sledovaný etalon. Obvykle by neměla přesáhnout maximum dvanácti měsíců.

Stupeň stability elektronického etalonu se projevuje ve výši nutného dostavení k minimalizaci chyb. Podle výsledků kalibrace a může mít tři možnosti:

1. Nastavení je nutné k opravě chyby, která leží mimo požadované uvedené nejistoty,
2. úpravy jsou nutné k opravě chyb, které jsou významný zlomek požadované nejistoty, ale méně než uvažovaná nejistota nebo,
3. odchylky od nominální (nebo dříve kalibrované hodnoty) jsou uspokojivé v rámci požadované nejistoty tak, že nastavování mohou být považována za zbytečná.

Jde-li o případ (1), měl by být přístroj označen za nevyhovující. Doporučená hranice je zde 60 až 70 % požadované nejistoty (pozor- ne 100 % !!).

U přístrojů ve druhé skupině, které vyžadují dostavení, by měla být pečlivě sledována historie a udržovány záznamy výsledků jak před, tak i po dostavení. Nejistota by pak měla být zvyšována, dokud se přístroj dostane do oblasti (2) nebo alternativně je třeba zakoupit „lepší“ přístroj.

Přístroje, pracující tak, že mohou být zařazeny ve skupině (3) jsou nejvíce žádoucí a jsou kalibrovány bez jakýchkoliv úprav. Doporučuje se, aby všechny přístroje vyžadující dostavení o méně než 30 %, byly zařazeny do této kategorie.

V zahraničí jsou vypracovány nejrůznější postupy stanovení rekalibračních intervalů, včetně programů. Prediktivní nebo virtuální metrologie se snaží pomocí dat z minulých kalibrací předpovědět výsledky do budoucna. Predictor (rev. 2.22) je program, který umožňuje metrologům odhadnout současné hodnoty a nejistoty měřících etalonů na základě jejich minulých kalibrací. To pomůže také odhadnout rekalibrační intervaly.

Elektronické měřicí přístroje jako etalony

Elektronické měřicí přístroje jsou univerzálně používané v kalibračních laboratořích. Jsou podstatně složitější než dříve používaná zařízení pro metrologii. Z toho plynou i zvýšené požadavky na přesnost a stabilitu jejich jednotlivých součástí a možnosti nejrůzněji se projevujících poruch, často jen částečných a skrytých. Některé elektronické přístroje jsou v současné době na úrovni, kde se prokázala velmi vysoká jejich spolehlivost. To, v kombinaci s dalšími atraktivními funkcemi, vedlo k rozhodnutí kalibračních laboratoří přijmout elektronické přístroje jako referenční etalony. To je ale vhodné jen za určitých podmínek. Existuje mnoho

elektronických přístrojů, jejichž cílem je měřit širokou škálu parametrů elektrických i neelektrických ve spojení s převodníky. Většina z nich bude zahrnovat kalibrátor a/nebo voltmetr. Konstrukteři je nejoblíbenější převodník neelektrické veličiny na ss napětí vhodné velikosti tak, aby mohlo být měřeno ss voltmetrem.

Jedním z problémů při přijetí elektronického přístroje jako etalonu je, že žádná výrobní firma nedokáže definovat co je „adekvátní kalibrace“ a „přiměřené porovnání“. U některých zařízení, jako jsou elektronické referenční zdroje napětí, jsou postupy poměrně jednoduché a jako referenční etalony mohou být použity přímo. Pro digitální multimetry, kalibrátory, elektronické wattmetry a další, nejsou doporučení výrobců pro kalibraci vždy dostačující.

Není komerčně životaschopné, dokumentovat kalibrační postupy pro každý model elektronického zařízení (dělá to jen organizace GIDEP pro kalibrační postupy pro armádu USA), ale zvláštní kalibrační postupy je třeba formulovat pro každou třídu nebo druh přístroje, založené na dlouhodobě nahromaděných zkušenostech. Doporučené kalibrační postupy výrobce mohou být vhodné, ale vždy je třeba vyhodnotit jejich přiměřenost a dostatečnost. Možné systematické chyby mohou vzniknout také parazitními vlivy při propojování složitějších měřících soustav a nerespektováním vlivu zátěže na elektronické etalony. Otázky zemnění a stínění jsou trvalý problém všech elektrických měření. Většina laboratoří nezná dostatečně vlastnosti ani u jednohodnotových etalonů v závislosti na prostředí a teplotě a neprojevila většinou snahu tyto údaje zjistit. Využití schopností zařízení znamená soustavně sledovat a vyhodnocovat jeho parametry. U jednohodnotových etalonů (etalony R, etalony ACR, L C, referenční zdroje, referenční zátěže) je u kvalitních etalonů po počátečním stárnutí pozorovatelný predikovatelný drift, který je obvykle možné po vystárnutí pro období mezi kalibracemi proložit přímkou. U složitých přístrojů je taková predikace nemožná, protože změny mají v různých částech rozsahů různý charakter. Zde se sleduje, zda má dlouhodobý drift charakter šumu kolem správné hodnoty.

Údržba stejnosměrných a nízkofrekvenčních elektronických zařízení je poměrně jednoduchá. Jedná se hlavně o péči a čistotu jak u konektorů a svorek, tak i celého přístroje. To znamená u přístrojů s ventilátory pravidelné čištění jejich filtrů. V kartě etalonů má být vyznačeno vše, co ho charakterizuje. U oprav je třeba popsat, co byla vada a jak byla opravena, hlavně z hlediska možnosti ovlivnění parametrů a stability vadou. Často chybí záznamy o rozsahu a uložení průvodní dokumentace. To vede ke ztrátám této dokumentace a přístroj bez dokumentace ztrácí velkou část své hodnoty.

Literatura

- [1] Organizace práce v laboratoři-1, Metrologie č. 4, 2012, str. 15
- [2] Organizace práce v laboratoři-2, Metrologie č. 1, 2013, str. 26
- [3] SIT/Tec-015/07 in rev.00, Strutture di riferibilità e documentazione tecnica nei laboratori di taratura elettrici Allegato 1 (Esempio di documentazione)

KONTROLA A ZJIŠTĚNÍ GEOMETRICKÝCH VLASTNOSTÍ ROZMĚRNÝCH SOUČÁSTÍ A STROJŮ METODOU BLÍZKÉ MULTISNÍMKOVÉ STEREOFOTOGRAMMETRIE

Doc. Ing. Jiří Šíma, CSc.

Fakulta aplikovaných věd ZČU v Plzni

1. Úvod

Při výrobě velmi rozměrných a funkčně náročných výrobků a zařízení (letadel, námořních lodí, jaderných reaktorů, vodních a parních turbín) jsou kladeny mimořádné požadavky na rozsah a přesnost kontrolních měření během jejich výroby, montáže a kontroly po opravách.

Použití klasických strojírenských měřidel a souřadnicových měřicích strojů (CMM) často nepřichází do úvahy vzhledem ke značným rozměrům a nemožností přemístit celý objekt do vhodného místa pro tato měření. Jedinou výjimku tvoří geodetický přístroj laser tracker, kterým lze s vysokou přesností určovat prostorovou polohu jednotlivých bodů na kontrolovaném objektu, ovšem v řádu desítek kontrolních bodů, nikoliv několika tisíc, které mohou být vyžadovány při kontrole tvaru složitých ploch, a také pozemní laserový skener, jehož přesnost však nelze zaručit v setinách milimetru, ale spíše v desetínách nebo celých milimetrech. Nové možnosti v tomto směru však přináší technické a programové vybavení digitálních fotogrammetrických systémů vzniklých během první dekády 21. století v technicky nejvyspělejších státech světa a nyní též dostupných a užívaných v České republice.

2. Princip a přednosti fotogrammetrie

Fotogrammetrie patří obecně mezi metody dálkového průzkumu, tj. sběru prostorových dat o objektech a zemském povrchu bezkontaktním způsobem. Její předností je shromáždění velkého množství prostorových informací v krátkém čase, tj. v minimální době, která vyžaduje pobyt ve fyzicky náročném, případně i zdraví ohrožujícím prostředí (např. v prostředí se zvýšenou radioaktivitou), nebo která je měřičům dána k dispozici (např. na výrobním páse, při etapových zatěžovacích zkouškách apod.).

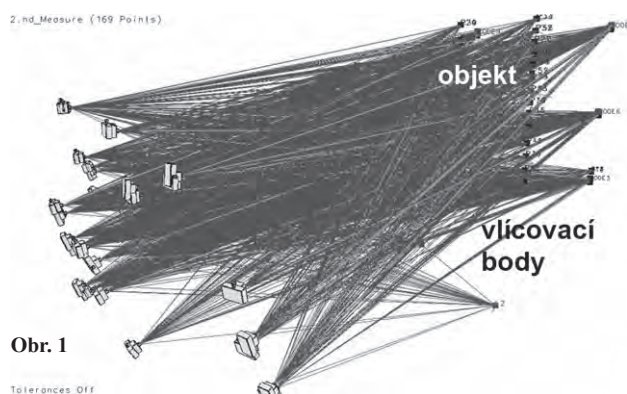
Zájemový objekt není proměřován přímo - geodeticky nebo strojírenskými měřidly či přípravky, ale je proměřován jeho obraz zaznamenaný na magnetickém médiu. Od počátku 21. století došlo v souvislosti s prudkým rozvojem automatizace, elektronizace a informatizace k zásadní změně: obrazové záznamy v pozemních, leteckých i kosmických aplikacích jsou získávány výhradně digitálními aparaturami vybavenými maticemi senzorů o rozměrech pixelů 0,005 – 0,010 mm v počtu od 5 do 250 MPix a počítačově zpracovávají do žádoucí formy (často 3D modelů).

K tomuto účelu disponují státní orgány, soukromé firmy i akademická pracoviště výkonnými digitálními fotogrammetrickými pracovními stanicemi, přičemž dávkové zpracování dat z několika stovek až tisíce obrazových záznamů o celkovém objemu v řádu gigabytů již není zvláštností.

Obrazové záznamy jsou vždy zmenšené proti skutečnosti (např. v měřítku 1:200–1:1000 v průmyslu, 1:5000–1:35000 při leteckém snímkování a menším než 1:300000 při dálkovém průzkumu z družic). K dosažení přesnosti srovnatelné se strojírenským nebo geodetickým měřením je proto nutno měřit na obrazových záznamech s přesností 0,001 mm a větší, aby bylo ve výsledcích měření dosaženo žádoucí přesnosti ve zlomcích milimetru, v centimetrech v případě letecké fotogrammetrie nebo metrech v dálkovém průzkumu z družic.

3. Princip multisnímkové konvergentní stereofotogrammetrie

Prostorová poloha jednotlivých a vždy signalizovaných vřícovacích i podrobných kontrolních bodů je určována vícenásobným protnutím promítacích paprsků od vstupních pupil objektivu kamery v různých polohách k těmto bodům. To umožňuje pořízení digitálních obrazových záznamů (snímků) speciální kamerou z většího počtu míst v prostoru kolem kontrolovaného objektu tak, aby každý kontrolní bod byl zobrazen minimálně na 2 různých snímcích (obvykle však na 3–9 snímcích) pořízených tak, aby se promítací paprsky protínaly pod úhlem minimálně 20° a maximálně 160° a současně směřovaly ke kontrolované ploše maximálně pod úhlem 70° od normály k této ploše (**obr. 1**). Aplikace multisnímkové konvergentní stereofotogrammetrie bude dále popsána na příkladě užití systému INCA3+ V-STARS, který je v České republice používán od roku 2011.



Obr. 1

4. Vlastnosti systému INCA3+V-STARS

Digitální kamera INCA3 je vybavena maticí senzorů 3500 x 2300 o rozměrech 10x10 μm, vytvářejících černobílý obraz s radiometrickým rozlišením 12 bit/pixel. Objektív s ohniskovou vzdáleností 21 mm je nezkreslující a trvale zaostřen v rozsahu od 0,5 do 60 m od snímaného objektu. Umožňuje frekvenci obrazových záznamů 1–2 sekundy, přičemž digitální obrazová data jsou ukládána buď na paměťovou kartu (flash memory card), ale častěji přenášena přímo do výkonného počítače – notebooku bezdrátově (Wi-Fi).

Kolem objektivu je zdroj stroboskopického světla zajišťujícího okamžité dostatečné osvětlení odrazných terčů nezávisle na denní době a úrovni okolního světla.

Kamera o hmotnosti 2 kg se volně drží v rukou a nevyžaduje žádné přesně stanovené místo expozice. Obrazové záznamy se pořizují zpravidla na šířku obdélníkového formátu (horizontální obrazový úhel cca 77°), ale některé též na výšku (horizontální obrazový úhel cca 56°). Jedinou podmínkou je, aby osa záběru mířila přibližně na předem účelně zvolená místa na objektu k dosažení příznivých průseků promítacích paprsků z různých záběrů, což pomáhá zajistit cílení pomocí červeného laserového paprsku.

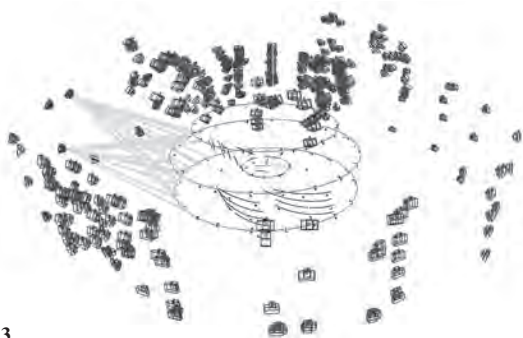


Obr. 2

Proprietární velmi sofistikovaný software V-STARS umožňuje vysoký stupeň automatizace zpracování objemných souborů obrazových dat již na místě fotogrammetrického měření a poskytnutí požadovaných výsledků často ještě před opuštěním lokality.

Program posoudí, zda průseky paprsků z různých záběrů k témuž bodu nevybočují z přísně stanovené tolerance a v opačném případě je z dalšího výpočtu vyloučí.

Dále vypočítá a zobrazí 3D model celého kontrolovaného objektu pomocí blokové triangulace paprskových svazků ve zvolené soustavě kartézských souřadnic a znázorní polohu kamery při pořízení každého snímku, polohu vřícovacích a kontrolních bodů, eventuálně také kruhové obvody měřených otvorů i celého objektu.



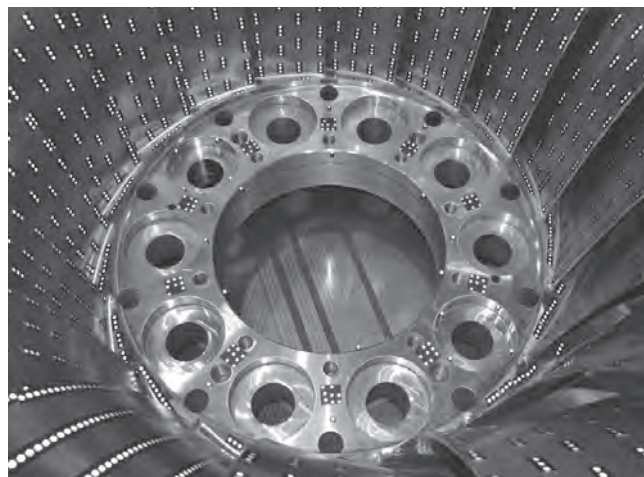
Obr. 3

Současně s objektem jsou snímány 1 - 2 invarové délkové etalony (scale bars), jejichž délka, reprezentovaná dvěma koncovými odraznými terčíky, je známa s přesností na 0,01 mm a nepodléhá teplotním změnám. Pokud by došlo k výrazné změně v průběhu snímání, lze zavést opravu ze změny teploty okolního prostředí.

5. Přesnost dosažitelná při použití systému INCA3+V-STARS

Pro systém INCA3+V-STARS je typická dosažitelná směrodatná odchylka v určení prostorové polohy podrobného kontrolního bodu souřadnicemi x, y, z $\sigma = 5 \mu\text{m} + 5 \mu\text{m} / \text{m}$ (vzdálenosti kamery od objektu) pro každou souřadnici, tedy např. 0,025 mm pro každou souřadnici a 0,043 mm prostorová odchylka na vzdálenost 4 metry. Je ovšem třeba připomenout, že směrodatná odchylka charakterizuje preciznost měření, tj. míru jeho opakovatelnosti, nikoliv absolutní přesnost, kterou může ovlivnit přítomnost systematických chyb doprovázejících konkrétní případ měření. Ty se projeví zejména v důsledku nepříznivých (příliš ostrých) průsečků promítacích paprsků, při zanedbání korekce z tloušťky signálního terčů (i adhesivní nalepovací reflexní terčů má tloušťku 0,11 mm !) nebo při nepřesném ztotožnění počátku souřadnic a os technických souřadnicových systémů CAD modelu a fotogrammetricky měřeného objektu.

Důležitou podmínkou dosažení výše uvedené preciznosti měření i absolutní přesnosti měření je signalizace všech vřícovacích bodů mimo měřený objekt i všech kontrolních bodů na něm



Obr. 4

- kódovými terči s magnetickým uchycením, které obsahují vždy 7 bodů ve 400 různých kombinacích, což umožňuje automatickou identifikaci jejich jedinečného čísla a polohy v paprskových svazcích,
- osazením přípravků pro určení středu děr, kontrolu průměrů a rovinnosti obrobenejších součástí.

Značné množství podrobných kontrolních bodů se obvykle signalizuje reflexními terčíky, které jsou umístěny na adhesivní pásce o šířce 19 mm a standardní délce 45 mm, odkud se stříhají jednotlivě, po skupinách (často 3 terčů) nebo se na určitý profil nalepí celá páska s desítkami terčů, jejichž středy jsou od sebe vzdáleny o dvojnásobek jejich průměru, který je 5 - 6,3 - 9,4 nebo 12 mm). Průměr terčů se volí tak, aby se v obrazovém záznamu registroval alespoň na 3 x 3 pixelech (např. průměr 6,3 mm do maximální vzdálenosti snímání 4,4 m, průměr 12 mm do vzdálenosti 8,4 m).

6. Efektivní aplikace blízké průmyslové fotogrammetrie

Do toho okruhu náležejí 2 druhy aplikací, např. při kontrole tvarově složitých dílů i celků v automobilovém, leteckém, lodním průmyslu, strojírenství a stavebnictví, nebo při sledování vratných či nevratných prostorových změn (deformací) celých objektů nebo jejich součástí:

A. vytvoření 3D modelu objektu a zjištění prostorových odchylek od projektovaného tvaru definovaného např. 3D CAD výkresem.

Podmínkou úspěšnosti je zejména zajištění souladu místního kartézského souřadnicového systému objektu se souřadnicovým systémem projektu (totožný počátek, směry a orientace souřadnicových os, stejné měřítko).

B. bezkontaktní měření prostorových změn během zatěžovacích zkoušek nebo tepelného či tlakového namáhání.

Podmínkami úspěšnosti je v tomto případě existence vličovacích bodů v blízkosti zatěžovaného objektu, které jsou k průběhu zatěžování invariantní. Další důležitou podmínkou je, že během snímání (v praxi až 60 záběrů v intervalu cca po 2 sekundách) celého objektu je jeho stav pod zatížením či bez něj neměnný, tzn., že deformace neprobíhá kontinuálně, ale ve „skocích“ – vždy po změně zatížení.

Tato úloha nepřichází v prostředí vodních, parních či jaderných elektráren tak často v úvahu, takže v dalším bude ilustrován případ porovnání rozměrného a složitého výrobku, jakým je například vodní turbína, s jejím projektem definovaným 3D CAD modelem.

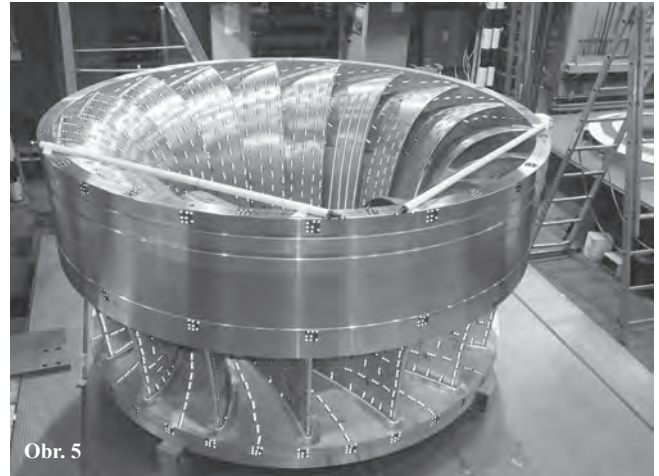
7. Fotogrammetrická kontrola vodní turbíny

Použití metody multisnímkové konvergentní blízké stereofotogrammetrie ve strojírenství je namísto v případech, kdy provést kontrolní měření tradičními strojírenskými měřidly, ale i mechanickými či optickými skenery je vzhledem k velkým rozměrům součástí nebo celých výrobků velmi obtížné, ne-li nemožné. Systém INCA3+V-STARs byl například použit pro kontrolu tvaru a uložení lopatek Francisovy turbíny o průměru 2,5 m pro elektrárnu Lipno II v závodě ČKD Blansko v listopadu 2013.

Výrobek měl být porovnán s jeho 3D CAD modelem, popisovaným jednak souborem bodů o souřadnicích x , y , z v lokálním souřadnicovém systému turbíny a jednak matematickým modelem NURBS vystihujícím složité tvary lopatek.

Fyzický počátek a směry souřadnicových os turbíny byly signalizovány terčíky a magnetickými přípravky. K vytvoření fotogrammetrického 3D modelu celé turbíny bylo osazeno 78 kódových terčů jako vličovací body kolem jejího horního a spodního okraje, 6 přípravků pro kontrolu rovinnosti náboje a 20 přípravků pro definici středů děr definujících osu X a průměr věnce turbíny.

Podle požadavku výstupní kontroly bylo na věnci a vnitřních i vnějších plochách 17 lopatek vyznačeno ca 8700 kontrolních bodů adhesivními reflexními terčíky (obvykle po trojicích nebo v pásech). Tyto přípravné práce, prováděné třemi pracovníky, trvaly 6 hodin.



Obr. 5

K přesnému určení měřítka fotogrammetrického modelu turbíny byly instalovány dva přibližně na sebe kolmé délkové etalony o rozměru 1346,00 mm při okolní teplotě v hale 15°C. Následně bylo pořízeno jedním pracovníkem a kamerou INCA3 632 obrazových záznamů (snímků) ze 44 míst kolem turbíny, vzdálených cca 2,5 m od jejího středu. Na každém místě byla kamera držena v ruce ve výšce cca 40 cm a 200 cm nad pracovní plošinou.

K „nahlédnutí“ do vnitřní části turbíny bylo využito výsuvného žebříku a obrazové záznamy pořízeny z výšky cca 300 cm nad pracovní plošinou. Na každém stanovišti bylo pořízeno zpravidla až 6 záznamů – většinou na šířku obdélníkového formátu, ale některé také na výšku pro auto-kalibraci prvků vnitřní orientace kamery.

K dokonalejšímu a úplnějšímu záznamu kontrolních bodů na lopatkách v blízkosti náboje musela být turbína také zdvižena do výšky 2 m a snímána zespodu. Všechny práce spojené s pořízením 632 obrazových záznamů trvaly celkem 2 hodiny.



Obr. 6

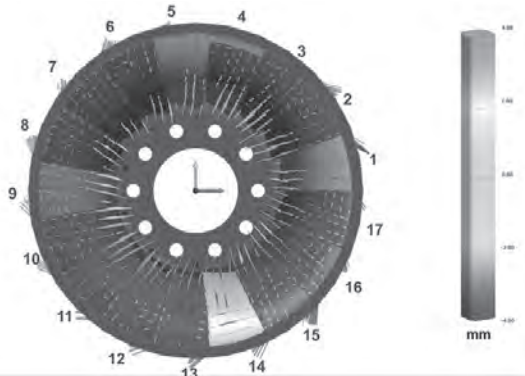
8. Výpočetní a zobrazovací práce

Digitální obrazová data byla bezdrátově přenášena do výkonného notebooku a tam vzápětí vypočtena geometrická kostra fotogrammetrického modelu turbíny o 78 vličovacích bodech v souřadnicovém systému 3D CAD modelu. Její vnitřní přesnost byla charakterizována směrodatnými odchylkami $\sigma_x = 0,019$ mm, $\sigma_y = 0,013$ mm a $\sigma_z = 0,016$ mm.

Skutečná přesnost měření v tomto konkrétním případě je charakterizována střední chybou v určení délky vektoru odchylky 0,34 mm a je dostatečná pro bezpečnou identifikaci odchylek výrobku od projektu větších než 2 případně 4 mm, což byly požadované výrobní tolerance.

Následoval výpočet prostorových souřadnic 8671 kontrolních bodů signalizovaných terčíky na viditelných vnitřních i vnějších plochách 17 lopatek. S využitím dalšího softwaru Spatial Analyzer byly vypočteny a barevně zobrazeny prostorové odchylky od projektovaných hodnot jako délky normál spuštěných z každého kontrolního bodu na model lopatek realizovaný plochami NURBS ve 3D CAD modelu.

Zbarvení a délka vektorů definují rozměr a směr odchylky fyzického bodu na objektu od jeho teoretické prostorové polohy na CAD modelu, která je porovnána s povolenými tolerancemi. 3D model výsledků fotogrammetrického měření tak tvoří objektivní dokument o splnění či nesplnění výrobních tolerancí. V optimálních podmínkách mohou být výsledky poskytnuty do 24 hodin od měření.

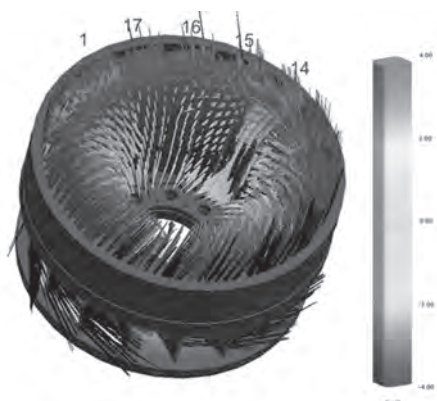


Obr. 7

9. Získané zkušenosti

Technicko-ekonomická výhodnost je tím zřetelnější, čím je objekt větší a požadované množství kontrolních bodů se nepočítá v desítkách ale v tisících. Pokud jde o menší objekty (odlitky, jednotlivé lopatky) nebo kontrolované části neviditelné pro kameru (jako např. úzké kanály), je lépe použít mobilní mechanické nebo optické skenovací zařízení, kterým jsou vybaveny některé české závody těžkého strojírenství.

K nežádoucímu prodloužení doby dodání výsledků může dojít v případě, že zákazník dodá odlišný CAD model projektu nebo je vágní fyzická definice souřadnicového systému



Obr. 8

projektu na reálném výrobku (což má za následek výskyt systematických či nepravděpodobných odchylek výrobku od projektu – obr. 8) a pak je nutno v několika krocích provádět optimalizaci ztotožnění fotogrammetrického modelu s CAD modelem projektu metodou BEST FIT.

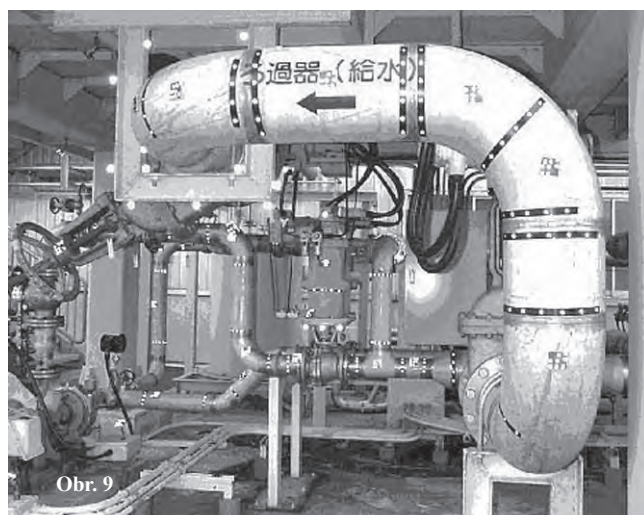
10. Další perspektivní aplikace blízké průmyslové fotogrammetrie

V prostředí tepelných či jaderných elektráren mohou být nalezeny další vhodné aplikace fotogrammetrického systému INCA3+V-STARS. Jde např. o určení skutečných průměrů a středů oběžných kol s lopatkami rotoru parní turbíny. Kola se signalizují jednotlivými terči po celém obvodu nebo v rovnoměrně rozmístěných úsecích skupinami terčíků na adhesivní pásce.

Podle požadavku zákazníka se pak vypočtou průměry a souřadnice středů oběžných kol a dále jednotlivé odchylky od osy hřídele turbíny definované buď přímou spojnicí středů ložisek na jejich koncích nebo vypočtenou tzv. fit line jako vyrovnanou přímkou za předpokladu, že suma čtverců zjištěných odchylek je minimální. Všechny výpočty se dějí v programu V-STARS.

Jiným případem může být zaměření složitého průmyslového interního potrubního systému.

Mimo objekt musí být rozmístěny nejlépe 2 délkové etalony, dostatečný počet prostorově rozmístěných vlíčovacích bodů signalizovaných čtvercovými kódovými terči mimo vlastní potrubí (pokud není evidentní, že nemůže dojít k jeho prostorovým nebo tvarovým změnám během celé doby snímkování), pak i na něm, dále pak dostatečný počet dalších kódových terčů, které vyplní zejména prostory bez podrobných bodů signalizovaných kruhovými terčíky na pásce napříč potrubím.



Obr. 9

Výsledkem výpočtu a grafického zobrazení v programu V-STARS jsou souřadnice x, y, z bodů na osách jednotlivých potrubí doplněné jejich vnějším průměrem a v grafickém vyjádření i kresbou jednotlivých řezů. Vlíčovací body (minimálně 2) definují počátek a jednu z os vhodně zvoleného technického (místního) souřadnicového systému (zpravidla osu x). Je-li

požadavek na určení souřadnic v systému celého závodu, je třeba vřícovací body geodeticky zaměřit, polohově a výškově připojit a určit jejich souřadnice v tomto systému.

Je-li úkolem sledování prostorových změn objektu vlivem, teploty, tlaku a tahu a je užita pouze jedna kamera INCA3 ke snímkování, je nutno dodržovat tyto zásady:

- vřícovací body v dostatečném počtu a 2 délkové etalony musí být pevně umístěny mimo vlastní objekt, aby na ně změna teploty, vyvinutého mechanického tlaku nebo tahu nemohly působit (u invarových délkových etalonů lze zavést korekci z teploty),
- předpokládá se, že prostorové změny objektu nastanou „skokově“ po aplikaci výrazné změny teploty, tlaku či tahu a nemění se po dobu snímání obrazových záznamů.

Při stavbě a generální opravě velkých parních turbín lze sledovat prostorové umístění velkých dílů v souladu s projektem nebo pořídit dokumentaci jejich skutečných geometrických parametrů a prostorové polohy před zahájením generální opravy.

3D fotogrammetrický model je pak vytvořen z několika set obrazových záznamů pořízených z různých směrů a výšek kolem celého turbosoustrojí v době několika málo hodin a následně výpočetní a zobrazovací práce jsou převážně automatizovány.

11. Závěr

Použití blízké multisnímkové stereofotogrammetrie ke kontrole a zkouškám geometrických vlastností rozměrných součástí a strojů (2 a více metrů) je evidentně vhodné a v některých případech nezastupitelné. První aplikace v České republice při výrobě turbín a v leteckém průmyslu jsou toho přesvědčivým dokladem.

12. Použitá literatura

- [1] Šíma, J.: *Kontrola a zkoušky geometrických vlastností součástí a strojů metodami blízké průmyslové fotogrammetrie*. In: *Sborník 22. mezinárodní konference Měřicí technika pro kontrolu jakosti*. Plzeň, ČMS, 2013, p.79 – 86.



MĚŘENÍ V TECHNICKÉ KONTROLE

Čeněk Nenáhlo, dipl. tech.

Česká metrologická společnost

Úvod

Na 10. sjezdu České metrologické společnosti (dále jen ČMS), konaném 8. listopadu 2011, mezi četnými podněty k další činnosti vznikla výzva hledat nové aktivity ČMS i mimo zavedenou oblast vzdělávání podnikových metrologů [1]. Jednou takovou oblastí jsou techničtí kontroloři. Ostatně orientace na tuto profesní skupinu není zcela nová a má již v ČMS delší tradici. Práce technické kontroly a její měřicí vybavení patřilo již k hlavním tématům prvé plzeňské konference *Měřicí technika pro kontrolu jakosti* (tehdy ještě označované jako seminář s mezinárodní účastí) v roce 1992, jak je zřejmé z tehdejšího sborníku referátů [2]. Činnosti, které se na uvedené akci probíraly, se vztahovaly ke kontrolním operacím, kde měření tvoří jejich základ a významnou složku. Při tom se nejedná o nějakou výraznou tehdejší novinku: kontrolní technologie, jejímž základem je zpracovávání kontrolních operací, byla známá a uplatňovaná již koncem minulého století, zejména v automobilovém průmyslu. V tomto článku se zaměříme na strojírenství, popř. automobilový průmysl a na technickou kontrolu orientovanou do výroby (mezioperační, popř. konečná kontrola).

Pracovní pozice: Technický kontrolor

Hlavním úkolem útvaru technické kontroly je porovnávání shody produktu se specifikací. Podle výsledku měření rozhoduje kontrolor o kvalitě kontrolované výrobní operace nebo vyrobené součásti, popřípadě o jejím předání na další výrobní operaci, což je významné jak pro kvalitu, tak i ekonomiku celého výrobního procesu. Z toho plyne i úkol sledovat úroveň celkové produkce

a vytvářet předpoklady pro postupné zlepšování produktů a procesů. S tím souvisí zvyšování kvality. Právě toto zvyšování je jedním z požadavků managementu kvality.

Práce technické kontroly (dále jen TK) závisí na mnoha činitelích, ke kterým patří především typ výroby, charakteristický pro danou organizaci. Jiné požadavky na práci TK jsou kladeny v nižších typech výrob (kusová, malosériová), jiné ve vyšších typech (sériová, hromadná). Rozdíly jsou zřejmé z následující tabulky.

Jednotlivé typy výroby, jak je v této tabulce uvádíme, se v praxi vyskytují v uvedené formě pouze ojediněle. Jen výjimečně nastane situace, že pro všechny výrobní jednotky uvažovaného podniku je charakteristický pouze jediný typ výroby. Často pro část výrobního podniku, spadajícího do příslušného typu výroby, je charakteristický jiný typ. Příkladem mohou být velké podniky (nejen) automobilového průmyslu, typické pro velkosériovou nebo hromadnou výrobu, v nichž pro jejich nářadovnu je příznačná kusová nebo malosériová výroba. Přitom právě nářadovna výrazně ovlivňuje přesnost výroby celého podniku a představuje vedle metrologické laboratoře základnu přesnosti pro výrobní proces i pro vyráběnou produkci. Rovněž velikost posuzovaného podniku hraje velkou roli ve způsobu práce TK. U malých a středních podniků je funkce technického kontrolora často kumulovaná. Bývá spojená s funkcí metrologa, referenta náradí nebo pracovníka managementu kvality, resp. útvaru řízení kvality apod.

Vlastní kontrola kvality ve výrobě nebyla nikdy výlučnou záležitostí technického kontrolora. Pro práci výrobní technické kontroly je důležitá její spolupráce s jinými odbornými útvary, popř. výrobními jednotkami. Zde musíme na prvním místě jmenovat spolupráci TK s pracovníky výrobních jednotek, ať již jde o výrobní dělníky, mistry nebo

	T y p v ý r o b y			
	Kusová	Malosériová	Velkosériová	Hromadná
Typický počet vyráběných součástí jednoho druhu	1 až 10	50 až 100	100 až 1 000	10 000 a více
Počet kontrolovaných součástí z dávky	100 %	Převážně 100 %, ojediněle výběr. kontrola	Převážně výběrová, částečně 100 % kontrola	Převážně výběrová, ojediněle 100 % kontrola
Místo kontroly	U velkých součástí na výrobním pracovišti, u malých a středně velkých na pracovišti TK	Převážně na stálých kontrolních pracovištích	Při 100 % kontrole na pracovišti TK, u výběrové kontroly také na výrobním pracovišti	
Kontrola kvality z hlediska výrobní operace	Po každé výrobní operaci	Převážně po každé, částečně po několika výrobních operacích	Převážně po několika, částečně po každé výrobní operaci	Po několika výrobních operacích, zřídka po každé
Rozpracování kontrolní operace ve vyr. postupu	Všeobecné pokyny, podrobný způsob kontroly určuje většinou TK		Podrobné pokyny	Velmi podrobné pokyny
Kontrolní prostředky	Univerzální, ojediněle speciální	Převážně univerzální, částečně speciální	Převážně speciální, zřídka univerzální	Téměř výhradně speciální (jednoúčelové), automatizované
Kvalifikace pracovníků TK	Velmi vysoká		Vysoká	Střední až vysoká
Kvalifikace výrobních dělníků	Vysoká		Střední	Převážně nízká

seřizovače. Významná je také spolupráce s útvarem výrobní technologie a to při zpracovávání kontrolních postupů a zejména spolupráce s podnikovým metrologem, resp. metrologickou laboratoří. Tato spolupráce není zdaleka jednostranná a ze strany TK omezená na předkládání používaných pracovních měřidel k periodické kalibraci. Prvním úkonem technického kontrolora při kontrolní operaci musí být zjištění, zda měřidla použitá ke kontrole kvality jsou platně kalibrována. TK v některých strojírenských podnicích provádí také přímo mezilhůtovou kontrolu měřidel, alespoň těch jednodušších (např. komunálních). Tomuto pojetí metrologie, které uvádíme v tomto odstavci, bylo již dříve věnováno několik článků v našem časopisu, jak je zřejmé např. z [3].

Vztah výrobních dělníků a pracovníků TK prošel rychlým vývojem. V počátcích rukodělné výroby byla kvalita výroby výlučně věcí mistra a výrobního dělníka. Následovalo krátké období na přelomu 19. a 20. stol., kdy byli výrobní dělníci v rámci Taylorových zásad řízení výrobních procesů orientováni a také motivováni jednostranně na kvantitativní složky výroby, především na množství vyrobené produkce. Tato orientace vedla ke vzniku samostatných útvarů TK, které v souladu s uvedenými zásadami tak musily kontrolovat veškerou vyráběnou produkci a tím nepřímou přebírat zodpovědnost za kvalitu výroby. Toto období však trvalo jen krátce a ukázalo se jako trvale neudržitelné.

V současné době s ohledem na principy managementu kvality platí zásada, že

za kvalitu odpovídá ten, kdo tuto kvalitu vytváří.

Podle této zásady odpovídá za svou práci výrobní dělník (musí být ovšem vybaven měřicími prostředky i potřebnými znalostmi a dovednostmi k tomu, aby mohl kvalitu své práce zkontrolovat).

V současné době probíhá kontrola kvality výroby na dvou úrovních:

- Samokontrola (primární kontrola), prováděná výrobním dělníkem, nebo seřizovačem,

- sekundární kontrola, prováděná technickým kontrolorem.

V druhém případě nejde o duplicitu činností, v rámci sekundární kontroly jsou kontrolovány pouze vybrané výrobní operace. Nesmíme totiž zapomínat, že jedním z hlavních úkolů technické kontroly je předcházení vzniku neshodných výrobků.

TK se při kontrole kvality výroby zaměřuje zejména na ty výrobní operace, kde hrozí ve větším rozsahu vznik neshodných výrobků, popř. další operace v případech, kdy

- zákazník požaduje samostatnou kontrolní operaci (jak vyplývá např. z plánů kvality nebo technických přejímacích podmínek),
- při operacích prováděných ve spolupráci se zákazníkem,
- při obrobení základní plochy, která je významná pro zabezpečení přesnosti rozměrů a geometrických prvků,
- po operaci, kdy by mohly vzniknout deformace, např. po tepelném zpracování,
- před předáním náročné součásti k externí kooperaci,
- po operaci, kdy se má vyhotovit protokol o měření, resp. o kontrole kvality,
- v případě náročného měření, kdy je třeba použít složité měřicí zařízení, např. souřadnicový měřicí stroj v případě výroby přesných skříňových součástí nebo ozubení,
- ve speciálních případech, např. před nalícováním velkých součástí s nehybným uložením apod.

Je zřejmé, že o tom, které výrobní operace bude kontrolovat následně výrobní TK, musí rozhodovat takový odborný útvar, který má dokonalý přehled o příslušných výrobních operacích, požadavcích na přesnost a další kvalitativní parametry produktů, popř. vyráběných součástí, ale zná také možnosti výrobní techniky, kterou má k dispozici. Tímto útvarem je obvykle výrobní technologie.

Základem kontrolních operací je měření a měřicí technika. Její podíl na výrobním procesu je nezanedbatelný.

U výrobních operací, např. obráběcích, představuje měření cca 5 až 10 % celkového operačního času, v mimořádných případech, např. při kontrole ozubení, nebo jiných složitých součástí, jako jsou turbínové lopatky nebo převodové skříně a včetně přesných obráběcích strojů, až 25 % i více. Tyto případy jsou však věci spíše útvarů TK nebo zkušebny.

Podle průzkumu, který ČMS prováděla, věnuje technický kontrolor průměrně 50 % pracovního času měření a činností s ním spojeným, např. vyhodnocováním jeho výsledků. Měření se tak stává jednou z nejvýraznějších složek práce TK. Svědčí o tom známá zásada, uvádějící vztah přesnosti výroby a přesnosti měření:

Nemůžeme vyrábět přesněji, než jak dovedeme měřit.

V následujícím přehledu uvádíme znalosti, požadované u TK v oblasti měření a metrologie v rámci kontroly kvality výrobního procesu:

- měřicí a kontrolní technika (měřicí přístroje a měřicí metody, zásady přesného měření),
- zpracovávání a vyhodnocování výsledků měření (odhad nejistoty měření a její vztah ke kontrolované výrobní toleranci),
- statistické řízení a regulace výrobního procesu (zejména v podnicích s vyššími typy výrob), statistická analýza výrobního procesu a stanovení způsobilosti měřidel a měřících systémů,
- kontrola výrobních a měřících přípravků, přesných řezných nástrojů a přesnosti výrobních zařízení,
- péče o měřidla, základy kalibrace měřících prostředků, mezilhůtová kontrola měřidel, seřizování a údržba měřidel,
- právní normy a organizační podnikové předpisy o měření a metrologii, popř. managementu měření a metrologické confirmaci,
- znalost zpracovávání kontrolních postupů, např. v rámci kontrolní technologie,
- znalost výrobního oboru, výrobních metod a postupů, dosažitelná přesnost výroby u běžných druhů obrábění,
- příčiny a zdroje výrobních chyb, chyb měření a metody jejich odstraňování.

Stále častěji požadují zákazníci, aby pracovníci TK prokázali své znalosti z oboru měření, metrologie a zkoušení, zejména certifikací své odborné způsobilosti. Certifikační místo ČMS, akreditované k tomu Českým institutem pro akreditaci, certifikuje pracovníky TK a zkušební techniky ve třech kvalifikačních stupních.

Protože výrobní dělníci kontrolují v rámci primární kontroly kvalitu provedené operace, musí se i u nich vyžadovat určité znalosti z oboru měření. K nim patří zejména:

- čtení výrobních výkresů,
- základní druhy měření a dílenská měřidla,
- chyby výroby a chyby měření, základní informace o nejistotě měření,
- údržba a (mezilhůtová) kontrola dílenských měřidel,
- základy statistického hodnocení výrobního procesu,
- všeobecný přehled o systému podnikové metrologie, managementu měření a metrologické confirmaci.

Některé velké podniky, zejména automobilového průmyslu, přistoupily samy ke školení vybraných výrobních zaměstnanců.

Poznámka: Příprava technické dokumentace (výrobní výkresy, výrobní a kontrolní postupy), které tvoří základ práce TK, vyžadují odborné znalosti konstruktérů a technologů v oblasti měření a metrologie. To však se týká jiné problematiky a přesahuje rámec tohoto článku. K této problematice se případně vrátíme později.

Management měření aneb ČSN EN ISO 10012

Pro práci TK a pro její napojení do celkového výrobního procesu, jehož je neodmyslitelnou částí, musí být vytvořena zásadní pravidla a návody. Koncem minulého století se tak začala používat v četných podnicích, zejména těch větších s vyšším typem výroby, kontrolní technologie. Na počátku 21. stol. vznikla mezinárodní norma, týkající se managementu měření. Některé články této normy mohou být pomůckou pro vytváření kontrolních postupů a při jejich realizaci v (nejen) strojírenských podnicích, ale i u podniků, kde se již tyto kontrolní postupy používají, k jejich zdokonalení.

Norma ČSN EN ISO 10012 [4] stanovuje generické požadavky a poskytuje návod k managementu procesů měření a metrologické confirmace měřícího vybavení používaného k podpoře a prokázání souladu s metrologickými požadavky. Pro lepší porozumění uvádíme několik definic pojmů, které jsou pro naši oblast (měření v rámci TK) významné:

System managementu měření – soubor vzájemně propojených nebo vzájemně působících prvků, nutných k dosažení metrologické confirmace a kontinuálnímu řízení procesů měření.

Proces měření – soubor úkonů ke stanovení hodnoty veličiny, tj. úkonů zahrnujících také činnosti související se zabezpečováním správnosti a jednotnosti takového měření včetně vhodné interpretace výsledků měření. Procesy měření, které jsou součástí managementu měření, musí být plánované, validované, zavedené, dokumentované a řízené.

Metrologická confirmace – soubor úkonů, požadovaných pro zajištění toho, aby měřicí vybavení bylo ve shodě s požadavky na jeho předpokládané použití. Metrologická confirmace obecně zahrnuje kalibraci a ověřování, jakékoli nezbytné seřízení a opravu a následnou rekalibraci, porovnání s metrologickými požadavky na předpokládané použití měřícího vybavení, stejně jako jakékoli požadované zapečetění a označování štítkem.

Měřicí vybavení – měřicí přístroje, software, etalony, referenční materiály nebo pomocné přístroje, které jsou nezbytné k realizaci procesů měření.

Procesy měření se mohou vztahovat k různým účelům:

- kontrola kvality výroby a výrobků, statistická regulace a statistické řízení výrobního procesu (výrobní kontrola),
- kontrola materiálů, surovin, subdodávek (vstupní kontrola),
- kontrola vyrobených strojů, úplnosti dodávky atd. (výstupní kontrola),
- kalibrace měřidel a jejich mezilhůtová kontrola,
- zkoušky přesnosti výrobních zařízení a kontrola kvality výrobních nástrojů,

- měření při vývoji a výzkumu, při potvrzování nebo vyhodnocování experimentu.

Uvedená norma, zejména přihlédneme-li k možnosti její aplikace na potřeby TK, klade důraz na návrh (vytváření) procesu měření i na jeho realizaci.

Návrh procesu měření

- Metrologické požadavky musí být určeny na základě požadavků zákazníka, organizace a zákonů i předpisů,
- Procesy měření navržené tak, aby splňovaly specifikované požadavky, musí být dokumentovány, validovány a pokud je to nezbytné, dohodnuty se zákazníkem.
- U každého procesu měření musí být identifikovány odpovídající prvky procesu a nástroje řízení.
- Volba prvků a regulačních mezí musí být úměrná riziku neplnění specifikovaných požadavků. Tyto prvky procesu a nástroje řízení musí zahrnovat vlivy obsluhy, měřicího vybavení, podmínky prostředí, ovlivňujících veličin a metod použití.
- Proces měření musí být navržen tak, aby předcházel nesprávným výsledkům měření a musí zajistit okamžité zjištění nedostatků a včasná opatření k nápravě.
- Funkční charakteristiky požadované pro zamyšlené použití procesu měření musí být identifikovány a kvantifikovány.

Realizace procesu měření

Proces měření musí být realizován za řízených podmínek, navržených tak, aby tyto podmínky splňovaly metrologické požadavky.

Řízené podmínky musí zahrnovat:

- použití potvrzeného měřicího vybavení,
- použití validovaných postupů měření,
- dostupnost požadovaných informačních zdrojů,
- udržování požadovaných podmínek prostředí,
- použití odborně způsobilých zaměstnanců,
- správné zaznamenávání výsledků,
- zavedení monitorování, jak je specifikováno.

Další části normy ČSN EN ISO 10012 jsou orientovány na nejistoty měření, na soustavné zlepšování procesu měření atd. Některé z pojmů, které jsou v této normě řešeny, se ne-

týkají bezprostředně práce TK, např. metrologická funkce, konfirmační intervaly. Naopak se ukazuje, že pouhé stanovení nejistoty měření v rámci kvality výroby prováděné technickou kontrolou vždy nevystačí (i když je nejistota měření pro posuzování kvality produkce nutná), ale bude se musít vycházet ještě z dalších metod, např. z Analýzy systému měření nebo způsobilosti kontrolních procesů, jak jsou dány v dokumentech MSA nebo VDA 5.

Závěr

V programu odborné činnosti ČMS jsou dvě akce, zaměřené do oblasti technické kontroly:

- mezinárodní konference *Měřicí technika pro kontrolu jakosti*,
- kurz pro technické kontrolory.

Uvedené akce se vyznačují několika společnými body: Obě mají za sebou mnohaletou tradici (konference se blíží ke svému čtvrtstoletému výročí, kurz pro technické kontrolory se bude opakovat letos již potřinácté). Management obou akcí prošel v nedávné době také generační obměnou. U některých obdobných akcí se taková změna projeví dočasně poklesem odborné úrovně, v tomto případě nejen že byla zachována, ale i obohacena o nové impulzy a podněty. Prvá akce sice nedoznala podstatných změn v délce svého trvání ani zaměření, ale byla přemístěna do jiných vhodnějších prostorů. U kurzu pro technické kontrolory došlo k podstatnému zkrácení, které však nepřineslo zúžení projednávané tematiky, ale bylo naopak spojeno s intenzivnějším výukou.

Literatura

- [1] Tůma Zd.: 10. sjezd České metrologické společnosti. METROLOGIE, ročník 21, 1/2012.
- [2] Davídek V.: Zásady zpracování výrobních a kontrolních postupů. In sborník: Měřicí technika pro kontrolu jakosti ve strojírenství, Plzeň, 1992
- [3] Nenáhlo Č.: Metrologie? Ano, metrologie! METROLOGIE, ročník 11, 3/2002
- [4] ČSN EN ISO 10012:2003 (01 0360) Systémy managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení



NELINEÁRNÍ ZKRESLENÍ HARMONICKÉHO SIGNÁLU - Význam a definice

Ing. Jana Horská, Ph.D.

doc. Dr. Ing. Pavel Horský

Úvod

Měření nelineárního zkreslení signálů je v poslední době stále rozšířenější veličinou, zejména v nf elektrotechnice, elektroakustice a v energetice. Nelineární zkreslení je bezrozměrná veličina užívaná k charakterizaci spektra generovaného nebo detekovaného signálu. Čím nižší je

zkreslení, tím věrnější je signál zachycený nebo předávaný pomocí mikrofonu, reproduktoru nebo zesilovače, generátoru atd.

V letech počátků zavádění elektrické energie do běžného života byla velmi ostře diskutována otázka vhodnosti použití stejnosměrného nebo střídavého elektrického proudu. Edison byl stoupencem první možnosti, zastáncem druhé byli Nikola Tesla a George Westinghouse. V roce 1896 byla firmou Westinghouse Electric Corporation uvedena do

provozu elektrárna na Niagarských vodopádech vyrábějící střídavý harmonický proud o frekvenci 60 Hz s rozvodným systémem využívajícím transformátory napětí. Tak začalo vítězné tažení střídavého harmonického napětí po světě (60 Hz USA nebo 50 Hz v Evropě) a s tím vznikla i první potřeba kontrolovat zkreslení signálu v rozvodných sítích.

V roce 1922 bylo v Anglii zahájeno pravidelné rozhlasové vysílání BBC a již v roce 1923 ve Kbelích začíná pravidelně vysílat český rozhlas „Radiojournal“. Tím vznikla druhá oblast v elektronice a elektroakustice, kde bylo potřeba kontrolovat zkreslení signálu.

Definice

Podle IEC 60050 (International Electrotechnical Commission) i podle IEV (International Electrotechnical Vocabulary nebo také Electropedia [1] známá jako IEV online) se používají současně dvě různé definice zkreslení. THD, z anglického Total Harmonic Distortion, je veličina definující zkreslení sinusového signálu, což lze přeložit jako celkové harmonické zkreslení. Druhá definice zkreslení označovaná jako THF podle IEV slovníku u nás není vžitá a nevyskytuje se dosud ani ve většině zahraniční odborné literatury.

THD podle IEC ref 551-17-06 (slovník IEV) [1], [2] vyjadřuje poměr efektivní hodnoty vyšších složek signálu k efektivní hodnotě základní harmonické (U_1). Výpočet harmonického zkreslení vychází z rozkladu periodického signálu na harmonické složky Fourierovy řady. THD může nabývat hodnot od nuly do nekonečna. V literatuře bývá označováno také jako THD_F , kde index F z angl. fundamental harmonic znamená základní harmonickou složku.

$$THD = THD_F = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^N U_i^2}}{U_1}$$

kde U_i představuje efektivní hodnoty jednotlivých harmonických a N uvažovaný počet harmonických.

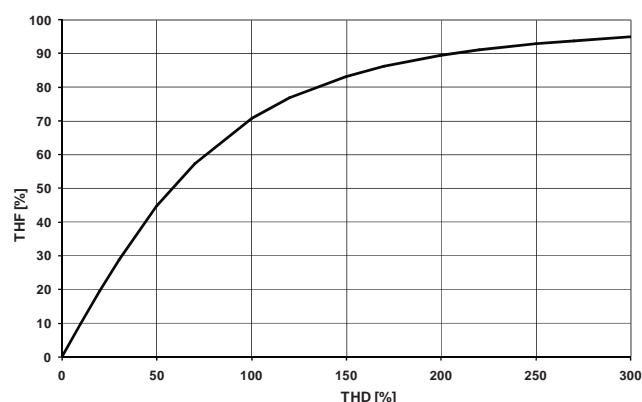
THF podle IEC ref 551-17-05 (slovník IEV) [1] vyjadřuje poměr efektivní hodnoty vyšších složek signálu k efektivní hodnotě celého měřeného signálu a může nabývat hodnot od nuly do jedné. V literatuře bývá označováno také jako THD_R , kde R znamená angl. root mean square, tj. efektivní hodnotu.

$$THF = THD_R = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^N U_i^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N U_i^2}}$$

Nelineární zkreslení je bezrozměrnou veličinou, obvykle se udává v %, ppm, dB nebo dBc (jednotka dBc z anglického „Decibels Relative to the Carrier“ vyjadřuje hodnotu v decibelech oproti základní harmonické složce). U každé měřené hodnoty zkreslení musí být vždy uvedena šířka pásma měřeného signálu, uvnitř které leží uvažovaný počet harmonických N . Je vhodné uvést podle jaké definice je zkreslení počítáno (nejlépe včetně uvedení vzorce), protože označení v literatuře není vždy jednotné.

Tab.1: Porovnání hodnot zkreslení podle definice THD a THF

THD (%)	0	0,1	10	20	50	100	120	150	200	250	300
THF (%)	0	0,1	9,95	19,61	44,72	70,71	76,82	83,21	89,44	92,85	94,87



Obr. 1: Porovnání hodnot zkreslení podle definic THD a THF

Z **tab. 1** a **obr.1** je patrné, že pro nízké hodnoty zkreslení se výsledek měření vyjádřený jako THD nebo THF příliš neliší. Pro zkreslení $THD < 5 \%$ je rozdíl $(THD - THF) < 0,01 \%$. Pro $THD 10 \%$ je hodnota THF 9,95 %. To je nejvyšší hodnota, používaná pro měření vlastností elektroakustického signálu a pro tuto hodnotu zkreslení není rozdíl mezi oběma definicemi ještě podstatný.

Pro charakterizování spektra skutečného signálu často nestačí jen popis pomocí THD/THF, ale je třeba zachytit celý obsah signálu s ostatními parazitními složkami včetně šumu a brumu. Nelineární zkreslení je potom dáno vztahem:

$$(THF + N) = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^N U_i^2 + U_n^2 + U_s^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N U_i^2 + U_n^2 + U_s^2}}$$

kde U_n představuje efektivní hodnotu šumového napětí a U_s efektivní hodnotu ostatních rušivých složek včetně brumu.

Pro energetiku norma IEC/EN 61000 zavádí zkreslení proudu zvané „Partial Weighted Harmonic Distortion“ (PWHHD) které klade větší důraz na zkreslení vyššími harmonickými složkami. Počítá se pro čtrnáctou až čtyřicátou harmonickou složku proudu podle vztahu:

$$PWHHD = \sqrt{\sum_{n=14}^{40} n \left(\frac{I_n}{I_1} \right)^2}$$

kde I_1 představuje první harmonickou signálu (proudu), I_n n-tou harmonickou složku.

V elektrotechnické praxi je možné se setkat ještě s dalšími způsoby vyjadřování kvality signálu, jako jsou například intermodulační zkreslení, intermodulační zkreslení dvěma kmitočtově blízkými signály nebo vzdálenými tóny a přechodové intermodulační zkreslení. Obecněji se dále používají veličiny udávající odstup signálu od pozadí, jako jsou SINAD případně SNR. Tyto veličiny jsou však mimo oblast zájmu tohoto článku.

Typické hodnoty THD

Podle pozorovatelné změny tvaru (neuvažujeme zkreslení vlivem úzkých pulsů)

0 % - ideální sinusovka

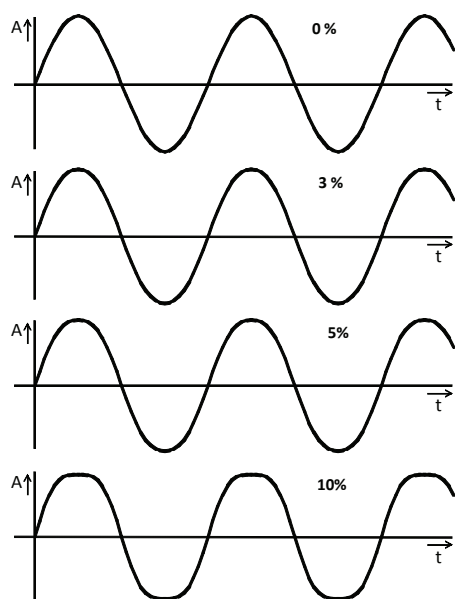
3 % - zkreslení je na hranici viditelnost na osciloskopu

5 % - zkreslení je již viditelné na osciloskopu

10 % - zkreslení, pro které se udává výkon zesilovačů

21 % - například signál trojúhelníkového tvaru

43 % - například signál obdélníkového tvaru



Obr. 2: Harmonický signál zkreslený 3. harmonickou složkou (s nulovou fází) pro hodnoty THD 0 %, 3 %, 5 % a 10 %.

V audio a Hi-fi technice

10%	(-20 dB)	- úroveň zkreslení je jasně patrná a diskvalifikuje audio zařízení.
1%	(-40 dB)	- přijatelná úroveň v jednoduchých systémech pro přehrávání audio signálů, ale posluchači s vytříbeným hudebním sluchem zkreslení poznají.
0,1%	(-60 dB)	- úroveň všeobecně přijímaná s výjimkou high-end Hi-fi systémů.
0,01%	(-80 dB)	- úroveň high-end Hi-fi zařízení (např. CD přehrávače), přijatelné pro audio-fily.
0,001%	(-100 dB)	- úroveň podstatně přesahuje obvyklé zvukové systémy, ale existuje v praxi například v kvalitních rozhlasových přijímačích.
0,000 1%	(-120 dB)	- úroveň blízko nejnižší možné hodnoty pro audio výstup a pro měření za nejnepříhodnějších podmínek.

Význam zkreslení

A. V energetice

Síťové napětí dodávané do domácností a průmyslu by mělo ideálně mít tvar pravidelného sinusového průběhu s konstantní amplitudou a kmitočtem. V první polovině dva-

cátého století převládaly lineární zátěže a nebyl velký problém udržet zkreslení sítě pod 3 %. Dnes se však tento stav prakticky už nevyskytuje. Příčinou jsou spotřebiče, které ze sítě odebírají proud nesinusového průběhu, popř. mají nelineární charakteristiku a silně „obohacují“ spektrum o vyšší harmonické, jejichž vysoký obsah je považován za nežádoucí. Jednofázové měniče používané v mnoha zařízeních mají zejména velké množství všech lichých harmonických (především 3. a 5. harmonická). Spínané napájecí zdroje se nacházejí v různých zařízeních, jako jsou počítače, televizory, kompaktní žárovky. Plynulá regulace otáček se v domácnosti vyskytuje například v pračce, sušičce, vytápění a klimatizaci. Nabíječky jsou vyvíjeny pro elektrické a hybridní spotřebiče, počínaje mobilními telefony až po elektrická vozidla atd.

Vyšší úroveň vyšších harmonických zpětně působí na celkovou rozvodnou síť, kdy se tyto výkyvy projeví nízkým výkonem napájecí sítě, zvýšením ztrát a zkrácením životnosti zařízení. Vyšší harmonické zkreslení například způsobuje snížení špičkových proudů, zahřívání, emise a ztráty v jádrech elektromotorů. Doporučené současné limity zkreslení pro proud v nízkonapěťových soustavách jsou maximální THD₁ 15 % a maximální hodnota třetí harmonické proudu 10 %.

B. V akustice

Pro audio systémy znamená menší zkreslení přesnější reprodukci signálu omezením vyšších harmonických složek, které jsou do signálu přidány elektronickými obvody nebo záznamovými médii.

V praxi není zajímavé měřit velké hodnoty nelineárního zkreslení, ale velmi často potřebujeme měřit malé zkreslení (např. CD přehrávače s 16 bitovými D/A převodníky mají zkreslení kolem 0.003 %). Pro akustiku je nejnepříhodnější měřit zkreslení THF + N.

Pro audio systémy je důležité i intermodulační zkreslení. Objevuje se při buzení dvěma či více signály různých kmitočtů, kdy signál nižšího kmitočtu „jakoby“ amplitudově moduluje signál vyššího kmitočtu. To se projevuje především při přebuzení soustavy. Intermodulační zkreslení se objevuje také jako kmitočtová modulace u reproduktorů, kde pohyb membrány v rytmu nízkého kmitočtu moduluje signál vyššího kmitočtu.

C. V elektronice

Velikost nelineárního zkreslení je parametr, který použijeme např. k:

- hodnocení vlastností zdrojů harmonického signálu. V tomto případě je žádoucí co nejširší kmitočtový rozsah měřiče a schopnost měřit nízké hodnoty zkreslení.
- charakterizování linearity amplitudové přenosové charakteristiky dvojbranů. Nejčastější je užití pro specifikování vlastností nf zesilovačů. V tomto případě obvykle postačí kmitočtový rozsah 20 Hz až 20 (100) kHz. Požaduje se schopnost měření co nejmenšího zkreslení a dále generování harmonického signálu s velmi malým zkreslením.
- měřením nelineárního zkreslení čistého harmonického signálu přivedeného na vstup AD převodníku můžeme rychle zhodnotit jeho vlastnosti (diferenciální a integrální nelinearitu).

D. Pro určování spolehlivosti a životnosti součástek

U pasivních součástek se předpokládá lineární závislost volt-ampérové charakteristiky. Reálné součástky ale vykazují měřitelnou odchylku od této lineární závislosti. Nelinearita je úměrná třetí mocnině proudové hustoty. Mírou zkreslení je amplituda třetí harmonické složky. Využití nelinearity je možné použít jako indikátoru kvality a spolehlivosti pasivních součástek. Z tohoto důvodu může být účinná kontrola kvality provedena měřením zkreslení čistého harmonického průběhu proudu přivedeného na součástku. Pro tento případ se nejčastěji užívají speciální měřiče, vyhodnocující pouze třetí harmonickou složku signálu. Například je přivedeno harmonické napětí o frekvenci 10 kHz a snímáme velikost proudu o frekvenci 30 kHz. Na tomto

principu je možné provést velmi rychlé vyhledání potenciálně méně spolehlivých součástek.

Shrnutí

V této první, spíše teoretické, části jsme se zabývali pouze definicemi zkreslení a jeho významem v elektrotechnice. V následujícím pokračování se zaměříme na metody měření THD a potřebné etalony.

Literatura:

- [1] <http://www.electropedia.org/>
[2] IEEE 519 1992.

Pokračování v příštím čísle.



INFORMACE O VZDĚLÁVACÍCH AKTIVITÁCH ASOCIACE AKREDITOVANÝCH A AUTORIZOVANÝCH ORGANIZACÍ

Ing. Jaroslav Rajlich

Asociace akreditovaných a autorizovaných organizací

Asociace akreditovaných a autorizovaných organizací (AAAO) je dobrovolným sdružením právnických osob (zkušeben), poskytujících služby v oblasti zkoušení, certifikací, inspekcí, a posuzování u výrobků, systémů managementu, osob, procesů, činností atd. Členové působí především v regulované oblasti ve vazbě na označení CE, a to jako autorizované osoby i jako notifikovaná místa s působností v Evropské unii, ale i v neregulované oblasti kvality výrobků, služeb atd. jako akreditované subjekty. Asociace je vedle dvou dalších institucí – Sdružení českých zkušeben a laboratoří (SCZL) a Svazu zkušeben pro výstavbu (SZV) – zakládajícím členem EUROLAB-CZ.

AAAO přikládá mimořádný význam neustálému vzdělávání odborných pracovníků svých členských organizací a věnuje trvalou pozornost vývoji a zlepšování svých vzdělávacích aktivit.

V současné době nabízí následující typy kurzů:

- základní jednodenní prezenční kurz pro začínající odborné pracovníky autorizovaných/ notifikovaných osob se čtyřmi tematickými okruhy;
- jeden a půldenní prezenční kurz pro odborné pracovníky AO/NO s delší praxí a základními zkušenostmi v oblasti posuzování shody se sedmi tematickými okruhy;
- e-learningový kurz pro pokročilé odborné pracovníky autorizovaných/ notifikovaných osob s devatenácti tematickými okruhy;
- obdobný e-learningový kurz, určený pro odborné pracovníky, posuzující shodu v oblasti stavebních výrobků.

Všechny kurzy jsou přístupné i širší technické veřejnosti.

Detailní informace o všech uvedených vzdělávacích aktivitách lze najít na webových stránkách www.aaao.cz a www.didactex.info, kde jsou dostupné i formuláře přihlášek pro všechny typy kurzů.

Základní jednodenní prezenční kurzy zatím proběhly ve třech členských organizacích AAAO – Institutu pro testování a certifikaci, a. s. ve Zlíně, Strojírenském zkušebním ústavu, s. p. v Brně a Elektrotechnickém zkušebním ústavu, s. p. v Praze a setkaly se s mimořádně příznivým ohlasem. Jeden a půldenní prezenční kurz si objednal Strojírenský zkušební ústav, s. p. pro své brněnské základní pracoviště a pro pobočný závod v Jablonci nad Nisou. Oba kurzy byly uskutečněny v březnu t. r. Pokud jde o e-learningové kurzy, zúčastnilo se jich čtyřadvacet odborných pracovníků, z nichž třidvacet obdrželo certifikát a jeden osvědčení o absolvování.

Prezidium Asociace se v součinnosti se svou stálou komisí pro vzdělávání intenzivně zabývá tvorbou systému celoživotního vzdělávání odborných pracovníků svých členských organizací. Pro letošní rok byl požádán Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví o vypsání úkolu plánu standardizace – programu rozvoje zkušebnictví s názvem „Projekt celoživotního vzdělávání pracovníků AO/NO, posuzujících shodu“. Po zpracování tohoto projektu do cílové podoby a jeho realizaci v praxi bude systém vzdělávání v AAAO kompaktní a úplný, pokrývající všechny požadavky členských organizací. Dalším z úkolů PS PRZ, o který Asociace požádala Úřad, je „Úprava e-learningových kurzů AAAO do tematických bloků“. Zde prezidium AAAO s přihlédnutím ke stanovisku stálé komise pro vzdělávání vyslyšelo názory většiny účastníků těchto kurzů na neobyčejný rozsah a značnou složitost pojednávané problematiky a rozhodlo se rozčlenit e-learningový kurz do několika tematických celků.

Předpokládáme, že o dalším vývoji v oblasti vzdělávání v AAAO budou čtenáři Metrologie průběžně informováni.

SMĚSI STMELENÉ HYDRAULICKÝMI POJIVY - ZKOUŠENÍ PEVNOSTI V PROSTÉM TLAKU

Ing. Pavel Rubáš, Ph.D.
Ing. Denisa Trajkovská

Technický a zkušební ústav stavební Praha, s. p., pobočka Teplice

Směs stmelená hydraulickými pojivy je směsí, která tvrdne v důsledku hydraulických, pucolánových či uhlíkatových reakcí. Taková směs s dobře zvolenou recepturou dosahuje po smíchání s vodou vlivem hydratačních procesů po určité době zajímavých vlastností, zejména pak **pevnosti v tlaku**.

V současnosti jsou k výrobě takovýchto stmelěných směsí (tzv. stabilizátů) využívány nejčastěji fluidní popely a popílky (rozdíl mezi nimi je na první pohled patrný v granulometrii). Tyto fluidní popely a popílky jsou tzv. vedlejšími energetickými produkty – jedná se o tuhé zbytky po spalování uhlí. Jsou složeny mj. z vyššího obsahu vápna, díky němuž takový stabilizát právě po smíchání s vodou vykazuje značné hydratační účinky a po zatvrdnutí má vlastnosti, které se dají přirovnat k tzv. chudému betonu.

Zkušební zařízení

Prezentované zkušební zařízení bylo vyrobeno na zakázku a slouží k výrobě válcových zkušebních těles stabilizátu. Průměr i výšku má takové těleso 50 mm, což jsou rozměry, které vyhovují normovým požadavkům ČSN EN 13286-53.

Zkušební zařízení (viz obrázek 1) se skládá z:

- formy s danými rozměry, vč. přírub zátek a pístu,
- distančních dělených objímek (3 páry), které se používají během plnění formy směsí a hutněním, aby se minimalizovaly rozdíly objemové hmotnosti zkušebního tělesa.

Dále je třeba hutnicí lis a zkušební síto o velikosti otvorů 11,2 mm podle ČSN EN 933-2.

K výše uvedenému zařízení byla navíc vyrobena jakási komůrka pro snadnější zachycení ztuhlého tělesa, které je v konečné fázi vytlačováno lisem z formy.



Obr. 1: Zkušební zařízení

Výroba zkušebních těles stabilizátu

Směs je nutné prosít sítím o velikosti otvorů 11,2 mm, neboť ke zkouškám se použije pouze materiál, který propadl daným sítím.

Spočítá se hmotnost směsi, která je požadována pro vložení do formy:

$$m = V * \rho_d \left[1 + \frac{w}{100} \right]$$

kde:

- m je hmotnost směsi, která se vloží do formy, v g;
- V je objem zkušebního tělesa, v cm^3 ;
- ρ_d je suchá objemová hmotnost zkušebního tělesa, v g/cm^3 ;
- w je vlhkost suché hmotnosti směsi, v %.



Směs se naváží, dokonale zhomogenizuje, přidá se příslušné množství vody a opět se dokonale zhomogenizuje (obr. 2).

Obr. 2: Homogenizace směsi

Pár širších distančních objímek se vloží mezi přírubu spodní zátky a válec formy a veškeré množství zhomogenizované směsi se pomalu vsype do formy, přičemž se během tohoto úkonu směs lehce a stejnorodě udusá (obr. 3 a 4).



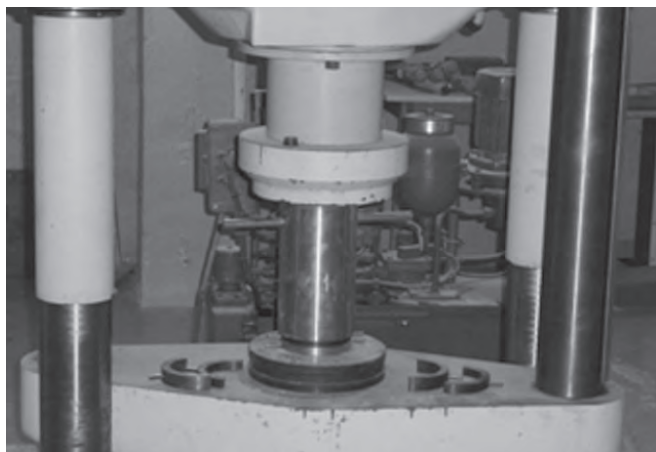
Obr. 3: Sypání zhomogenizované směsi do formy



Obr. 4: Dusání směsi

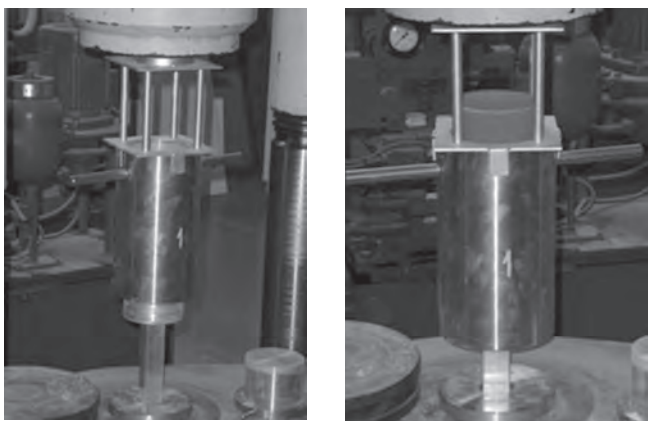
Forma se zaklapne svrchní zátkou a pár širších distančních objímek se vymění za objímky užší. Forma se umístí mezi tlačné plochy lisu a lis se spustí. Poté na formu působí co možná nejmenší plynulý tlak až do okamžiku, kdy se píst svrchní zátky zcela zasune do formy. V okamžiku, kdy se příruba horního pístu svrchní zátky dotkne válce formy, tlak se uvolní a pár užších distančních objímek se vymění za objímky nejužší (obr. 5).

Na horní zátku se obnoví tlak, jenž musí trvat alespoň 10 s, do doby, než se spodní píst zcela zasune. Poté se vyjme pár nejužších objímek a tlak se nechá působit dalších alespoň 10 s poté, co se příruby zcela dotknou válce formy.



Obr. 5: Výměna objímek

Po dokončení hutnění se zátky sejmou a nastává fáze, kdy se těleso z válcové formy vytlačí pomocí plunžrového pístu a eventuálně komůrky (obr. 6).



Obr. 6: Vytlačování zkušebního tělesa z válcové formy

Tělesa se zváží a po stanovenou dobu vertikálně skládají v laboratorním prostředí s minimální ztrátou vlhkosti (obr. 7).



Obr. 7: Uložení tělesa v polyetylenovém sáčku v laboratorním prostředí

Stanovení pevnosti v tlaku

Pevnost stabilizátů v tlaku se zkouší dle ČSN EN 13286-41. Po stanovené době uložení těles (většinou po 28 dnech) se tělesa zváží, změří se rozměry, z povrchu tělesa se oře přebytečná voda a odstraní se event. cizorodý materiál, který by mohl ovlivnit výslednou pevnostní zkoušku.

Očištěné těleso se vloží mezi tlačné desky lisu, spustí se plynulé zatěžování takovou rychlostí, aby k porušení tělesa došlo mezi 30 s a 60 s od započetí zatěžování. Aby bylo

možné zkoušku vyhodnotit, musí být porušení dle normy uspokojivé (obr. 8).

Pevnost v tlaku je pak dána známým vzorcem:

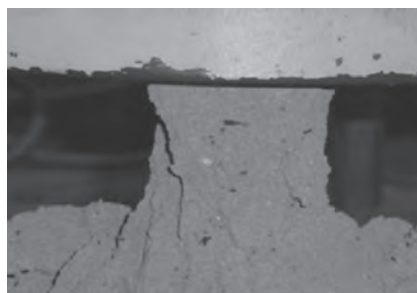
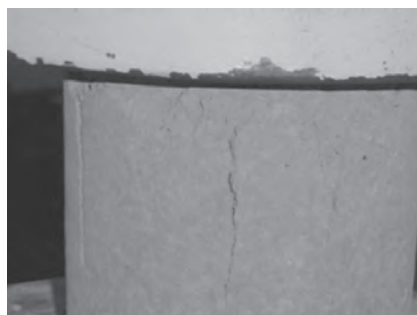
$$R_c = \frac{F}{A_c}$$

kde:

R_c je pevnost v tlaku zkušebního tělesa směsi stmelené hydraulickým pojivem, v MPa;

F je maximální síla při porušení zkušebního tělesa, v N;

A_c je plocha průřezu zkušebního tělesa směsi stmelené hydraulickým pojivem, v mm².



Obr. 8: Příklad uspokojivého porušení zkušebního tělesa

Stabilizáty se používají jednak jako vrstva, která uzavírá skládky odpadů (taková vrstva je navíc těsnicí), jednak pro stavbu vozovek (podkladní a ochranné vrstvy, aktivní zóny) ve smyslu TP 93, dále k stabilizaci zemin atd.

Udává se, že pokud je stabilizát připravován ze směsi obsahující větší množství vápna (zhruba více než 3 %), je výsledný materiál nepropustný a odolává mrazu a vodě, což je jeho velkou výhodou.

Použití stabilizátů ve stavebnictví je velmi přínosné také díky tomu, že je možné při jeho výrobě využít druhotných surovin.

Literatura:

- [1] ČSN EN 13286-41. *Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy – Část 41: Zkušební metoda pro stanovení pevnosti v tlaku směsi stmelěných hydraulickými pojivy.*
- [2] ČSN EN 13286-53. *Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy – Část 53: Metody pro výrobu zkušebních těles pomocí osového tlaku.*

SPOLEČNÝ EVROPSKÝ VÝZKUMNÝ PROJEKT „METROLOGIE VYSOKÉHO TLAKU PRO PRŮMYSLOVÉ APLIKACE“

Mgr. Dominik Pražák, PhD.

Český metrologický institut

Dr. Wladimir Sabuga

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Poptávka po metrologii vysokého tlaku

Mnohé pokročilé technologie vyvinuté v poslední době vyžadují užití extrémně vysokých tlaků. Jejich přesné měření je pak potřeba jak z hlediska bezpečnosti, tak i z hlediska technologického v mnoha oborech, počínaje výrobou umělých drahokamů, přes nejrůznější strojírenské technologie jako autofretáž, tváření kapalinou (hydroforming), izostatické lisování a řezání vodním paprskem, až po farmaceutický a potravinářský průmysl. Existuje studie předpovídající budoucí nárůst podílu senzorů vysokého tlaku na trhu měřidel tlaku ze současného méně než 1 % až na 5 %.

Toto ostře kontrastuje s nedostatkem vhodných kalibračních služeb, které by poskytly rigorózní metrologickou návaznost v tomto oboru, což potvrdil i průzkum provedený mezi pěti evropskými národními metrologickými instituty (NMI) majícími vedoucí postavení v metrologii vysokého tlaku. Více než 40 % kalibračních požadavků nad 0,5 GPa muselo být provedeno v nižším rozsahu, než byla původní poptávka. Tento průzkum navíc ukázal, že potřebná horní mez rozsahu je nejméně 1,5 GPa. Ačkoliv byly v letech 1967 až 1981 zkonstruovány různé primární etalony tlaku s horní mezí jejich pracovního rozsahu od 1,5 GPa do maximálně 2,6 GPa, většina z nich v současnosti není metrologické veřejnosti dostupná nebo dokonce už neexistuje. Na celém světě jsou dosud v provozu pouze dva primární etalony pro tlaky nad 1 GPa. Jeden, pracující do 1,6 GPa, je v institutu VNIIFTRI v Moskvě. Druhý, pracující do 2,5 GPa, je v institutu SIMT v Šanghaji. Oba jsou pro společnosti z EU, jež hledají návazné kalibrace svých senzorů, prakticky nedostupné. Kromě toho, pouze etalon VNIIFTRI je zahrnut do dohody CIPM MRA Mezinárodního výboru pro váhy míry, jež zajišťuje jeho mezinárodní uznání, viz kcdb.bipm.org. Vůbec, pokud se na problém podíváme ze zorného úhlu CIPM MRA, zjistíme, že i dokonce „běžné“ tlaky nad 0,5 GPa představují problém, protože pouze devět NMI na světě se může prokázat mezinárodně uznanými schopnostmi kalibrace a měření v rozsahu nad touto hodnotou. Rostoucí metrologické potřeby evropského průmyslu nelze tedy uspokojit jinak, než vyvinutím nového etalonu vysokého tlaku v EU. Tato skutečnost se též odráží v dokumentu „Cestovní mapa pro tlak“ evropské asociace národních metrologických institutů EURAMET, v níž se mezi sedmi strategickými dlouhodobými cíli pro příštích deset let nacházejí i vysoké tlaky do 1,5 GPa. Vytvoření primárního etalonu v tomto rozsahu je ale skutečnou výzvou, neboť nejen sám přístroj, ale ani generátor tlaku a další komponenty nutné pro tlaky vyšší než 1,4 GPa na trhu prostě nejsou. Vývoj a konstrukce takového high-tech systému jsou úkolem jasně přesahujícím

možnosti jednotlivých NMI. Tudíž je nezbytná spolupráce na evropské úrovni.

Společný výzkumný projekt EMRP JRP IND03

Pět evropských NMI – ČMI (Česká republika), LNE (Francie), METAS (Švýcarsko), PTB (Německo) a SMÚ (Slovensko) – spolu s Technickou univerzitou v Clausthalu (Německo), Komisí pro atomovou energii a alternativní energie (Francie) a pěti spolupracujícími firmami – HBM (Německo), Maximator (Německo), Prematlak (Slovensko), Uhde (Německo) a WIKA (Německo) – vytvořilo konsorcium, které si vytyčilo vývoj metrologie extrémně vysokých tlaků jako svůj cíl. Jeho cílem je realizovat jak primární etalon tlaku s rozsahem 1,6 GPa a s očekávanou relativní nejistotou jdoucí k 0,05 %, tak i transfer-etalony s rozsahem 1,5 GPa a zavést kalibrační služby v rozsahu tlaků do 1,5 GPa.

Konsorcium se úspěšně ucházelo o podporu z Evropského programu pro metrologický výzkum (European Metrology Research Programme - EMRP), a tak vznikl společný výzkumný projekt (joint research project - JRP) „Metrologie vysokého tlaku pro průmyslové aplikace“ (EMRP JRP IND03). Tento projekt, probíhající od 1. října 2011 do 30. září 2014, čítá celkem 196 člověko-měsíců vědecké práce. Podrobně je možné se s ním seznámit na webu emrp-highpres.cmi.cz.

Obsah projektu

Realizace primárního etalonu tlaku do 1,6 GPa je výzvou díky obtížím při návrhu sestavy, která by za použití dostupných konstrukčních materiálů jednak snesla extrémně vysoké tlaky, jednak zajistila dostatečnou těsnost. Dalším problémem je nalezení vhodného tlakoměrného média, protože kapaliny obvykle užívané v etalonech tlaku jsou nevhodné díky jejich zpevňování při tlacích nad 1 GPa. S těmito překážkami spojený vysoký rozsah vědeckých a konstrukčních prací musel být rozdělen do šesti samostatných bloků (Workpackage - WP).

WP 1 je zaměřen na analýzu konstrukce primárního etalonu tlaku, jež je založen na dvou multiplikátorech tlaku, z nichž každý sestává z nízkotlaké (LP) a vysokotlaké (HP) pístové měřky (piston-cylinder assembly – PCA). Tyto měřky mají vždy společnou osu a jejich písty jsou mechanicky spojeny. Jejich efektivní plochy mají nominální velikosti 1 cm² a 5 mm², což dává poměr 20 : 1. Je-li tedy na měřku LP PCA přiveden určitý tlak, pak na měřku HP PCA je generován tlak 20krát vyšší. Pro měřku HP PCA byla vyvinuta zvláštní konstrukce, v níž je wolfram-karbidové pouzdro předepjato dvěma vnějšími ocelovými pouzdry pomocí montáže za tepla a navíc pomocí regulovaného protitlaku působícího okolo vnějšího pouzdra. Metoda konečných prvků (Finite Element Analysis – FEA) byla úspěšně využita nejen k určení chování PCA za extrémních tlaků, k výpočtu jejího tlakového deformačního koeficientu a rychlosti poklesu jejího pístu, ale i k předpovědi bezpečnostních limitů jednotlivých konstrukčních prvků i celého systému.

WP 2 se zabývá měřením elastických vlastností a tvrdosti konstrukčních materiálů. Zde byly aplikovány metody tenzometrické a rezonanční ultrazvuková spektroskopie (RUS).

WP 3 úspěšně využilo současné nejlepší metody měření průměrů, kruhovitosti a přímosti pístů a vnitřních ploch pouzder jednotlivých PCA.

WP 4 má za úkol proměřit vlastnosti potenciálních tlakoměrných médií s důrazem na závislosti jejich hustoty a viskozity na tlaku.

Výsledky WP 2 až 4 zajišťují přesnější data pro WP 1, což povede k získání definitivního modelu chování etalonu.

Na základě všech těchto výsledků pak bude v rámci WP 5 vybudován primární etalon tlaku do 1,6 GPa, a to včetně příslušného systému generování tlaku. A v neposlední řadě pak budou charakterizovány a vybrány ty nejlepší komerční převodníky tlaku s rozsahem 1,5 GPa, které poslouží k vytvoření transfer-etalonu pro zajištění návaznosti jednotky tlaku v tomto rozsahu.

WP 6 má za úkol zajistit šířit výsledky projektu ku prospěchu evropské metrologické, průmyslové i akademické veřejnosti. K tomu slouží mimo jiné i výše zmíněné webové stránky.

Dosud realizované výsledky

Mnohé zásadní kroky projektu jsou v současnosti (únor 2014) dokončeny nebo jsou těsně před dokončením.

- Pomocí FEA byly optimalizovány konstrukce všech vysokotlakých komponent. Je to poprvé, kdy byla navržena wolfram-karbidová měrka pracující až do tlaku 1,6 GPa.
- Pomocí tenzometrů byly určeny elastické a plastické deformace komerčních vysokotlakých vedení, propojek a ventilů při působení tlaků do 1,6 GPa. Byly určeny meze použitelnosti těchto prvků.
- Byla proměřena tvrdost konstrukčních ocelí vysokotlakých prvků.
- Pomocí tenzometrů a RUS byly proměřeny elastické konstanty wolfram-karbidu a ocelí.
- Byla prověřena stabilita kapalin při vystavení tlakům do 1,6 GPa. Nejslibnějšími kandidáty jsou poly-di-etyl-siloxany a směsi di(2)-etyl-hexyl-sebakátu s petrolejem. Pokračují měření tlakových závislostí hustoty a viskozity potenciálních tlakoměrných kapalin.
- Úspěšně byl otestován intenzifikátor tlaku do 2 GPa. Byl vyvinut systém generování a regulace tlaků do 1,6 GPa a dokončuje se jeho sestavení.
- Byla proměřena geometrie PCA, obzvláště profily štěrbin měrek.
- Byl sestaven transfer-etalon založený na komerčních převodních vysokého tlaku do 1,5 GPa a probíhají jeho zkoušky.
- Transfer-etalonu byl charakterizován porovnáními s národními etalony vysokého tlaku zúčastněných NMI.
- První workshop s tématem metrologie vysokých tlaků proběhl na ČMI v Brně v červnu 2012.

Výhled

Projekt vkročil do závěrečné fáze, v níž budou dokončeny následující kroky.

- Metrologická charakterizace nového primárního etalonu pomocí FEA a validace teoretických výsledků pomocí experimentálních porovnání.

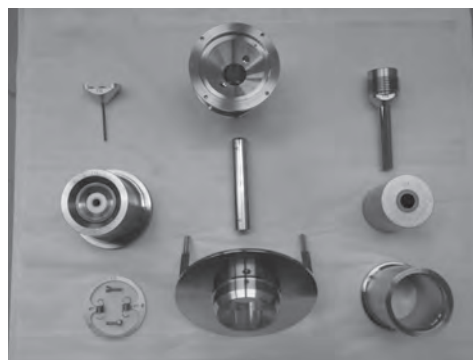
- **Workshop a školení** o metrologii vysokého tlaku a kalibraci převodníků vysokého tlaku se uskuteční v PTB v Braunschweigu ve dnech 17. a 18. září 2014, viz <http://highpres-training.ptb.de>.

Závěr

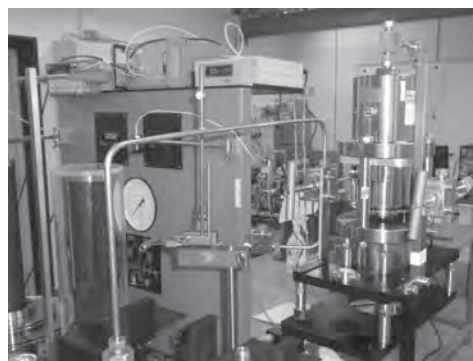
Výsledkem projektu bude základ evropské infrastruktury metrologie tlaku nad 1 GPa. Zájemci o další informace mohou na výše uvedených webových stránkách najít prezentace z posledního workshopu i kontakty na vedení projektu.

Poděkování

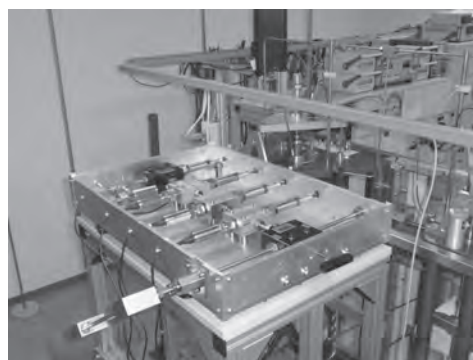
Tento výzkumný projekt probíhá v rámci programu EMRP. Je společně financován zeměmi zúčastněnými v programu EMRP v rámci skupiny EURAMET a Evropskou unií.



Obr. 1: Jedno z PCA v rozloženém stavu



Obr. 2: Sestavené PCA během testů



Obr. 3: Transfer-etalon během testů

SYSTÉM VEŘEJNÉHO PŘIPOMÍNKOVÁNÍ NÁVRHŮ TECHNICKÝCH NOREM

Zdeňka Slaná, Ing. Jiří Kratochvíl

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

V květnu 2014 byl na webových stránkách Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) spuštěn nový systém veřejného připomínkování návrhů technických norem. Díky této službě má technická veřejnost možnost nejen snadného a bezplatného přístupu k návrhům technických norem, ale zejména aktivního zapojení do procesu tvorby technických norem, které ve výsledku ovlivňují téměř všechny každodenní činnosti našeho života.

Systém veřejného připomínkování návrhů technických norem vznikl na základě zapojení ÚNMZ do projektu eComments pod záštitou Evropské komise a CEN-CENELEC Management Centre (CCMC).

Historie

V roce 2009 Evropská komise založila expertní pracovní skupinu „Expert Panel for the Review of the European Standardisation System“. Jedním z doporučení závěrečné zprávy skupiny byl důraz na podporu zapojení malých a středních podniků (SME) do procesu tvorby technických norem zejména na národní úrovni.

SME dle zprávy tvoří 99,8 % všech podniků napříč Evropskou unií a dohromady zaměstnávají přes 90 milionů lidí. Ačkoliv právě tyto podniky jsou hlavními uživateli technických norem, téměř nejsou zapojeny do procesu technické normalizace na evropské a zejména na národní úrovni. Přitom technická norma by v ideálním případě měla být výsledkem jednání mezi všemi zúčastněnými stranami – průmyslem, obchodem a spotřebitelem. Problémem jsou samozřejmě finance na straně SME – velké a nadnárodní podniky jsou zapojeny ve značné míře nejen na národní úrovni, ale také v práci v různých technických komisích evropských i mezinárodních normalizačních organizací. Malé a střední podniky si oproti tomu mohou jen v ojedinělých případech dovolit vyčlenit jednoho pracovníka, natož mít celé oddělení zaměřené jen na technickou normalizaci. V důsledku malého počtu zástupců SME zapojených do procesu tvorby technických norem a s ohledem na lidské a finanční limity SME postrádají některé technické normy určené primárně pro malé a střední podniky takzvaný uživatelský komfort pro SME. Texty technických norem tak mohou být těžko pochopitelné a tím i špatně aplikovatelné v praxi. Jedním z hlavních cílů se tedy stalo větší zapojení SME, a to nejspíše ve fázi veřejného připomínkování návrhů technických norem.

Na toto doporučení reagovaly evropské normalizační organizace CEN a CENELEC spuštěním projektu „CEN-CENELEC SME Access Project“, který měl za úkol zmapovat zapojení malých a středních podniků do tvorby technických norem na národních úrovních, ale zejména navrhnout konkrétní zlepšení stávající situace. Jako problematické oblasti byly vyhodnoceny:

- malé nebo vůbec žádné pochopení výhod zavedení technických norem do procesu výroby nebo obchodu
- malé porozumění na straně SME, které technické normy by měly být v podniku zavedeny a využívány
- cena jednotlivých technických norem
- složitost textů a komplexnost vzájemného provázání technických norem
- malé zapojení do samotného procesu tvorby technických norem

Jako výsledek analýzy výše zmíněných problematických oblastí vzniklo 58 doporučení, která se zabývala zejména dvěma směry podpory SME – zjednodušit přístup malých a středních podniků k technickým normám a zlepšit zapojení do technické normalizace.

Všechna tato doporučení byla doložena konkrétními případy z praxe napříč členskými organizacemi CEN a CENELEC. Zpráva s 58 doporučeními se tak přeměnila z pouhých doporučení v takzvaný Tool Box, který národní normalizační organizace nebo různá obchodní sdružení či profesní asociace mohou využívat jako návod na zlepšení práce v oblasti technické normalizace ve vztahu k malým a středním podnikům.

CCMC také zdůraznilo, že systém členství v organizacích CEN a CENELEC je založen na principu národních zastoupení, kde zájmy všech zúčastněných stran (tedy i SME) jsou zastoupeny národními normalizačními organizacemi (NNO). Hlavní výhodou tohoto principu je, že většina práce se odehrává na národních úrovních, kde může být brán zřetel na národní specifika. Možnost pomoci pro SME ze strany CCMC proto vede přes národní normalizační organizace. A protože NNO jsou nezávislé organizace, jejichž možnosti (lidských zdrojů a financí) jsou různorodé, hledalo CCMC takové všeobecné řešení, které by zapadalo do procesů tvorby technických norem a obchodní politiky pokud možno většiny NNO.

CCMC dále přistoupilo k podpoře vytvoření jednotného systému veřejného připomínkování návrhů technických norem, které by nelimitovalo NNO podmínkou uveřejňovat pouze evropské, národní nebo mezinárodní návrhy technických norem.

Tak vznikl projekt eComments pod vedením CCMC při finanční záštitě Evropské komise v rámci programu „Competitiveness and Innovation Framework Programme“.

Projekt eComments

Ještě před samotným spuštěním projektu provedlo CCMC v rámci přípravné fáze průzkum mezi svými členy a ukázalo se, že již několik NNO vlastní a provozuje nějaký nástroj pro online připomínkování dokumentů, kdy většina těchto aplikací byla vyvinuta pomocí třetích stran.

Vzhledem k finanční a časové náročnosti projektu bylo rozhodnuto, že CCMC osloví tyto NNO, zda by jejich systém bylo možné aplikovat jako nezávislý nástroj v jiných organizacích. Ukázalo se však, že téměř všechny organizace

mají systém příliš svázaný a propojený se svým obchodním modelem nebo spolupracující organizace (softwarová firma) nedisponuje dostatečnou kapacitou pro technickou podporu dalších uživatelů napříč Evropou.

Jediným systémem, který vyhovoval všem požadavkům ze strany CCMC, byla aplikace REVO, kterou vyvinula britská NNO – British Standards Institute (BSI) ve spolupráci s firmou 67Bricks. Jedná se o zcela samostatný modul, který využívá nejen BSI, ale je úspěšně provozován i v dalších NNO, mimo jiné irským NSAI, holandským NEN, dánským DS a kanadským SCC.

CCMC se tak podařilo najít řešení, které nejen zkrátilo dobu přípravy, ale především snížilo finanční náročnost celého projektu – systém existuje, je funkční, po drobných úpravách jej lze začlenit do systémů jiných národních organizací, ale zejména díky jednoduchému redakčnímu systému jej lze provozovat v národním jazyce a spravovat na národní úrovni. Projekt mohl být zahájen.

V další fázi byly osloveny členské národní normalizační organizace, které žádný online systém veřejného připomínkování návrhů technických norem neprovozují. O účast v projektu projevil zájem a následně po splnění určitých podmínek se do něj i zapojily tyto organizace: AENOR (Španělsko), EVS (Estonsko), HZN (Chorvatsko), LVS (Lotyšsko), SFS (Finsko), SN (Norsko) a ÚNMZ (Česká republika).

Systém REVO lze provozovat v základní a rozšířené verzi. Rozšířená verze oproti základní nabízí uživateli mimo jiné základní textový editor pro úpravu připomínky, rozdělení návrhů technických norem podle oblastí, zaslání notifikace uživatelům, individuální nastavení účtů a možnost vyhledávání podle klíčových slov.

Účastníci projektu se také museli rozhodnout, zda bude systém umístěn na serveru organizace (Local), nebo bude hostitelsky spravován na serverech společnosti 67Bricks (Hosted).

ÚNMZ provozuje rozšířenou verzi se službou hostování.

Systém veřejného připomínkování návrhů technických norem v prostředí ČR

Systém veřejného připomínkování návrhů technických norem je přístupný všem i bez registrace, neregistro-

vaný uživatel však zjistí pouze základní údaje o dokumentu (původce dokumentu, doba určená k připomínkování, anotace nebo obsah), ale pro čtení nebo připomínkování samotného dokumentu se uživatel musí zaregistrovat a přihlásit.

Uživatelé systému ocení zejména jednoduché a příjemné rozhraní v českém jazyce, možnost vyhledávání podle klíčových slov, vyhledávání v konkrétním návrhu technické normy, individuální nastavení účtu – např. možnost zaslání upozornění na nový návrh z příslušné oblasti zaměření nebo upozornění, že se blíží konec možnosti připomínkovat konkrétní dokument.

Systém je také do jisté míry interaktivní – umožňuje zaslat upozornění na zajímavý návrh technické normy kolegům nebo s nimi sdílet připomínky. Systém nejen podporuje připomínkování, ale vybízí uživatele, aby sám navrhl změnu, pokud je text nesprávně formulován nebo je v něm chyba. Připomínky tak mohou být ediční, technické nebo obecné. Po zapsání připomínky uživatel není nucen připomínku ihned odeslat, může ji uložit a pak se k ní vrátit. Uživatel má také stálý přehled o svých přijatých či odmítnutých připomínkách – jejich přehled si může stáhnout a uložit.

Systém rovněž nabízí uživatelský komfort pro administrátora systému. Umožňuje automatické nebo manuální nahrávání dokumentů, automatickou extrakci anotace z textu návrhu technické normy, jednoduchou správu uživatelských účtů, redakční správu některých částí systému. Správa připomínek zahrnuje například stažení všech připomínek k jednomu návrhu technické normy do jednoho dokumentu – šablony pro zaslání připomínek podle původního zdroje návrhu technické normy (ISO, CEN, CENELEC, IEC, ETSI), což ocení zejména spolupracující experti a zpracovatelé technických norem.

Po spuštění systému realizuje ÚNMZ sadu seminářů pro uživatele. Abyste o nich byli včas informováni, sledujte pravidelně webové stránky ÚNMZ (www.unmz.cz), případně facebookový profil technické normalizace (www.facebook.com/normy.unmz).

Předpokládáme, že v budoucích vydáních časopisu Metrologie Vás budeme moci informovat o poznatcích získaných z běžného fungování systému.

ZVEŘEJNĚNÍ ODKAZŮ NA NORMATIVNÍ DOKUMENTY OIML KE SMĚRNICI 2004/22/ES O MĚŘICÍCH PŘÍSTROJÍCH

V Úředním věstníku Evropské unie C 76 (2014) byly zveřejněny nové odkazy na normativní dokumenty OIML ke směrnici 2004/22/ES o měřicích přístrojích. Dále bylo zveřejněno oznámení o stažení odkazů na normativní dokumenty OIML.

Více informací ve Věstníku ÚNMZ a v aktualitách metrologie na webu ÚNMZ:

<http://www.unmz.cz/urad/aktuality-z-oblasti-metrologie>

OPTIMALIZACE VYUŽITÍ MEZILABORATORNÍCH POROVNÁVACÍCH ZKOUŠEK V AKREDITOVANÝCH KALIBRAČNÍCH LABORATOŘÍCH

Ing. Zdena Drdová

Český institut pro akreditaci, o.p.s.

1. Úvod

Dalším z řady úkolů Programu rozvoje metrologie (dále i PRM) řešeným Českým institutem pro akreditaci, o.p.s. (dále ČIA) je v listopadu loňského roku řešitelem Ing. Martinem Matušů, CSc. a spoluřešitelem Ing. Jindřichem Šabatou úspěšně ukončený úkol č. VII/4/13, který se zabývá rozborem způsobu využití mezilaboratorních porovnání (MPZ) v akreditovaných kalibračních laboratořích (AKL) na území ČR a navrhuje optimalizovaný způsob využití MPZ v praxi AKL.

Podle normy ČSN EN ISO/IEC 17025 musí mít laboratoř zavedeny postupy kontroly kvality pro monitorování platnosti provedených zkoušek a kalibrací a součástí takového monitorování je v kalibračních laboratořích zejména účast v programech zkoušení způsobilosti (PT), resp. v mezilaboratorních porovnáních (MPZ) nebo též dvoustranných porovnáních (DP). Politika ČIA v oblasti zkoušení způsobilosti je obsažena v MPA 30-03-12 a vychází z dokumentu ILAC P9:11/2010 „Politika ILAC pro účast v aktivitách zkoušení způsobilosti“. Aktivity v oblasti zkoušení způsobilosti musí být plánované. Při tvorbě plánu účasti ve zkoušení způsobilosti musí laboratoře analyzovat své potřeby, zvážit míru rizika spojeného s kalibrační činností a zvolit si vhodnou „úroveň“ a „četnost“ účasti. Pomůckou při plánování účasti v PT může být dokument EA-4/18:2010 „Návod k určení úrovně a četnosti účasti ve zkoušení způsobilosti“, ten se však zabývá převážně zkoušením způsobilosti v oblasti zkoušení.

Úkol, řešený v rámci PRM 2013, se zabývá způsobem využití MPZ v akreditovaných kalibračních laboratořích a navrhuje jeho optimalizaci v návaznosti na tyto dokumenty. V úkolu jsou navržena obecná pravidla MPZ a dvoustranného porovnání v oblasti kalibrací a měření, které vycházejí z následujících zásad:

- využívání systému porovnávacích měření nikoli měřících auditů
- realizace mezilaboratorních porovnání v klíčových oblastech (tj. oborech a rozsazích) měření, jako způsob prokázání způsobilosti pro služby v rámci celé klíčové oblasti
- identifikace a popis klíčových oblastí pro nejrozšířenější obory měření
- účast kalibrační laboratoře v porovnávacím měření pro danou klíčovou oblast minimálně jedenkrát za akreditační cyklus
- prioritní účast v kruhových MPZ organizovaných akreditovanými poskytovateli
- není-li tato účast možná, účast ve dvoustranných mezilaboratorních porovnáních zkoušek organizovaných akreditovaným poskytovatelem

- není-li žádná výše uvedená účast možná, prokázat způsobilost kalibrační laboratoře jiným způsobem dle dokumentu EA-4/18.

V rámci řešení úkolu bylo klíčovým bodem vytyčení zásad pro vytvoření návrhu plánu zkoušení způsobilosti. Kritéria, ze kterých je nutno vycházet při stanovení optimálního počtu PT jsou:

- rozsah akreditace v daném oboru (podoboru)
- měřicí schopnosti kalibrace - CMC
- zařízení (přístroje, snímače...), které laboratoř může kalibrovat
- přístrojové vybavení (etalony), které laboratoř používá ke kalibraci
- prostory a personál
- četnost provádění kalibrací v daném oboru
- kalibrační postupy, na které je laboratoř akreditována

2. Dosažené výsledky úkolu

V úvodu řešení úkolu byl proveden rozbor a popsáno členění oborů (podoborů) v akreditovaných kalibračních laboratořích; na jeho základě bylo vzorově a velmi podrobně řešeno členění v nejčastěji zastoupených oblastech: v oblasti geometrických veličin (délka a úhel), v oblasti tlaku a odvozených veličin, v oblasti teploty a odvozených veličin včetně vlhkosti a v oblasti stejnosměrných a nízkofrekvenčních elektrických veličin. Zpráva dále uvádí příklady optimálního zpracování plánu MPZ a DP se zohledněním jejich frekvence opakování za 5-ti leté akreditační období.

2.1 Rozsah akreditace v daném oboru

Na základě rozboru počtu akreditovaných kalibračních laboratořích dle oborů (podoborů) bylo stanoveno, že pro úvahu nad harmonogramem provádění zkoušek způsobilosti v daném oboru resp. podoboru není toto členění dostatečné a je nutno vycházet z podrobnějšího dělení a to na podobory podoborů. V rámci úkolu bylo vzorově popsáno členění v oblasti mechanických veličin, zkoušení materiálu v podoboru tlak.

2.2 Měřicí schopnosti kalibrace - CMC

Laboratoře mají pro daný obor resp. podobor vypočteny a v příloze Osvědčení o akreditaci uvedeny CMC. Teoreticky by kalibrační laboratoř měla pro každý řádek CMC realizovat zkoušení způsobilosti, což může být v praxi obtížně realizovatelné, a proto je i zde nezbytné optimalizovat harmonogram zkoušení způsobilosti. Zpráva uvádí řešení pro oblast teploty – bezdotykové teploměry.

2.3 Typ měřeného přístroje či zařízení, které laboratoř může kalibrovat

Příloha Osvědčení o akreditaci uvádí další informaci - jaké přístroje (zařízení, snímače...) je laboratoř schopna kalibrovat, kdy optimálně za období 5-ti let by měla ab-

solvovat zkoušení způsobilosti u všech typů měřidel. Je zřejmé, že v mnoha případech není toto realizovatelné, jak ekonomicky tak logicky a je nutno optimalizovat přístup i v této oblasti. K vyhodnocení kritéria pro stanovení optimálního počtu PT by měla být vzata v úvahu náročnost prováděné kalibrace, rozdílnost kalibrace, přesnost kalibrovaného přístroje apod. V rámci úkolu je řešena tato problematika vzorově pro oblast elektrických veličin.

2.4 Přístrojové vybavení (etalony), používané laboratoři ke kalibraci

Pro potvrzení způsobilosti kalibrační laboratoře by bylo optimální v rámci MPZ prověřit všechny etalony a zařízení, která laboratoř využívá ke kalibracím. V praxi, ale ani toto nemusí být reálně možné, a proto kritériem pro určení etalonu či zařízení pro zkoušení způsobilosti má být např. jeho přesnost, náročnost obsluhy, typová rozdílnost, jeho vlastnosti, citlivost na vliv okolního prostředí apod. V úkolu je popsán způsob optimalizace harmonogramu zkoušení způsobilosti dle přístrojového vybavení pro oblast tlaku.

2.5 Prostory a personál

Při úvaze o optimalizaci harmonogramu zkoušení způsobilosti je nutné brát v úvahu v jakých prostorách a jakým personálem jsou kalibrace prováděny. U personálu je vhodné brát v úvahu kvalifikaci a délku praxe pracovníka, frekvenci provádění předmětných kalibrací, výsledky interních porovnání. U prostorů je nutno zohlednit, zda jsou místnosti laboratoře ve stejné budově s obdobnými podmínkami (orientace, klimatizace...), nebo jsou úplně odděleny či zda se jedná o laboratoř s více pracovišti. V úkolu je řešena situace, kdy v podoboru délka jsou kalibrace prováděny na dvou stálých pracovištích (laboratořích), která jsou od sebe geograficky vzdálena a na každém pracovišti jsou k provádění kalibrací oprávněni dva pracovníci. Je nutno upozornit, že velmi významnou skutečností je, zda laboratoř provádí kalibrace i mimo stálé prostory. Všechny možnosti tohoto kritéria musí být pečlivě analyzovány a využity při tvorbě harmonogramu zkoušení způsobilosti.

2.6 Četnost provádění kalibrací v daném oboru

Dalším pomocným rozhodovacím kritériem při tvorbě harmonogramu programu PT je četnost, tedy jak často a v jakém objemu z celkového množství kalibrací jsou tyto prováděny. Je nutno upozornit, že v tomto kritériu jsou významnými aspekty také náročnost prováděných kalibrací, požadovaná přesnost (nejistoty) apod., které musejí být vzaty v úvahu při optimalizaci plánu PT. Jako příklad hodnocení tohoto kritéria je v úkolu řešena kalibrace závaží v podoboru hmotnost.

2.7 Akreditované kalibrační postupy

V rámci úvahy o tomto kritériu je zřejmé, že za určité období by laboratoř měla absolvovat PT pro všechny postupy, které využívá pro realizaci akreditovaných

kalibrací, což nemusí být v některých případech možné. Při rozhodování zda, a v jakém pořadí budou jednotlivé kalibrační postupy využity pro PT, je třeba zohlednit např. náročnost prováděných kalibrací, nejistoty, četnost provádění kalibrací podle těchto postupů. Úkol popisuje řešení optimalizace v této oblasti na příkladu v podoboru teplota se sedmi kalibračními postupy, přičemž upozorňuje na možnost provádění kalibrací mimo stálé prostory laboratoře, kdy mohou být faktory ovlivňující správnost kalibrací zcela odlišné.

3. Shrnutí

Z výše uvedeného vyplývá, že pro možnost vypracování optimálního harmonogramu PT (např. na období 5-ti let), je vhodné nejdříve vyhodnotit každé kritérium zvlášť a poté je sjednotit do společného harmonogramu zkoušení způsobilosti v daném oboru, resp. podoboru. Posledním krokem je vypracování společného harmonogramu za celou AKL v celém rozsahu akreditace dle přílohy Osvědčení o akreditaci. Je nutno podotknout, že v rámci finálního sestavování tohoto harmonogramu je vhodné přihlédnout i k plánům organizátora zkoušení způsobilosti, které bývají veřejně přístupné.

4. Závěr

Na základě provedeného rozboru akreditovaných laboratoř a na základě náročnosti provedení optimálního vypracování harmonogramu provádění zkoušení způsobilosti, byly pro účely úkolu vytipovány čtyři nejfrekventovanější obory (podobory), u kterých byl proveden podrobný rozbor. Obdobným způsobem je vhodné přistupovat i k ostatním oborům (podoborům). Dále byla vybrána hodnotící kritéria pro optimální a vypovídající tvorbu harmonogramu provádění zkoušek způsobilosti a byl zpracován konkrétní příklad vytvoření plánu zkoušení způsobilosti na období 5ti let.

Výstupem řešení úkolu byl i návrh úpravy metodického pokynu MPA 30-03-12, který zohledňuje závěry úkolu č. VII/4/13 PRM 2013 a respektuje principy popsané v dokumentech ČSN EN ISO/IEC 17043 Posuzování shody – Všeobecné požadavky na zkoušení způsobilosti, ILAC-P9:11/2010 a EA – 4/18. V současnost probíhá revize těchto MPA a po ukončení příslušných administrativních úkonů budou k dispozici www.cai.cz.



ČESKÝ INSTITUT PRO AKREDITACI
obecně prospěšná společnost

Podrobné výsledky úkolu č. VII/4/13 Programu rozvoje metrologie pro rok 2013 jsou uvedeny v závěrečné zprávě, která je k dispozici na Odboru metrologie ÚNMZ a na www.unmz.cz.



PŘÍPRAVA AKREDITACE VÝROBCŮ REFERENČNÍCH MATERIÁLŮ V ČESKÉ REPUBLICE

Ing. Eva Klokočnicková, Ing. Martina Bednářová

Český institut pro akreditaci, o.p.s.

Vzhledem k rostoucímu významu akreditace výrobců referenčních materiálů (RM) v Evropě i ve světě připravuje Český institut pro akreditaci, o.p.s. (ČIA) zavedení akreditace těchto subjektů posuzování shody do akreditačního systému České republiky.

V souvislosti s připravovanými změnami zákona o metrologii a vzhledem k rostoucímu významu certifikovaných referenčních materiálů zejména v chemické metrologii lze očekávat zvýšený zájem výrobců referenčních materiálů o akreditaci. Dalším faktorem hovořícím pro zavedení služby je ta skutečnost, že akreditace výrobců RM bude zahrnuta do mezinárodní multilaterální dohody Evropské akreditace o vzájemném uznávání výsledků akreditace (MLA EA) a dále do mezinárodní multilaterální dohody o vzájemném uznávání výsledků akreditace ILAC (MRA ILAC). V současné době jsou připravovány podmínky pro rozšíření obou multilaterálních dohod, na kterých se podílí ČIA spolu s dalšími akreditačními orgány.

Akreditace výrobců referenčních materiálů by měla být dle resoluce valné hromady ILAC 16.20[1] z listopadu roku 2012 – prováděna pouze dle požadavků ISO Guide 34:2009 [2], neboť tento dokument obsahuje i požadavky na zkušební a zdravotnické laboratoře ve shodě s normami ČSN EN ISO/IEC 17025 [3] a ČSN EN ISO 15189 [4]. ISO Guide 34 se pak odkazuje na další pokyny ISO pro oblast referenčních materiálů (zejména ISO Guide 31 [5], ISO Guide 35 [6]).

V roce 2011 byl jako první krok pro zavedení služby akreditace výrobců referenčních materiálů přeložen ISO Guide 34:2009, dokument vyšel v listopadu roku 2013 jako TNI ISO 34:2013.

V roce 2013 byla v rámci úkolu z Programu rozvoje metrologie navržena metodika pro zavedení akreditace výrobců RM do akreditačního systému České republiky. Metodika obsahuje požadavky pro posuzování výrobců RM (Pokyn ISO 34), jejich výklad a další pokyny k posuzování výrobců RM, dále zahrnuje informace k definování rozsahu

akreditace těchto typů subjektů posuzování shody a pokyny k obsahu certifikátu referenčního materiálu (požadavky ISO Guide 31). Metodika dále v přílohách informuje o možnostech využití subdodavatelů v procesu výroby RM, popisuje jednotlivé fáze procesu výroby RM s odkazem na požadavky v příslušných normách a pokynech a dále kategorizuje jednotlivé typy referenčních materiálů (ILAC G 12:2000 [7]).

Pokyny ISO řady 30 (kromě ISO Guide 34) procházejí v současné době rozsáhlou revizí a v roce 2014 by měly být k dispozici v FDIS verzích. ILAC podporuje i návrh revize ISO Guide 34 jako další normy řady ISO 17000. Také připravovaná revize dokumentu „ILAC Requirements and Guidance for the Assessment and Accreditation of Reference Material Producers“ [8] byla pozastavena ve fázi 10 draftu a ILAC čeká na další vývoj a monitoruje situaci v jednotlivých regionech. Vzhledem k těmto skutečnostem nelze zatím zavedení služby akreditace výrobců RM realizovat a ČIA vyčkává dokončení pokynů ISO, které obsahují řadu klíčových informací důležitých pro výrobce RM i pro proces posuzování.

Literatura

- [1] Resoluce ILAC GA 16.20
- [2] TNI Pokyn ISO 34: Všeobecné požadavky na způsobilost výrobců referenčních materiálů
- [3] ČSN EN ISO/IEC 17025: Posuzování shody – Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří
- [4] ČSN EN ISO 15189: Zdravotnické laboratoře – Zvláštní požadavky na kvalitu a způsobilost
- [5] ISO Guide 31: Reference materials - Contents of certificates and labels
- [6] ISO Guide 35: Reference materials – General and statistical principles for certification
- [7] ILAC-G12:2000: Guidelines for the Requirements for the Competence of Reference Material Producers
- [8] Draft 10 ILAC Requirements and Guidance for the Assessment and Accreditation of Reference Material Producers

NOVÉ SMĚRNICE V OBLASTI POSUZOVÁNÍ SHODY STANOVENÝCH VÝROBKŮ

Dne 29. března 2014 bylo v částce L 96 Úředního věstníku EU uveřejněno osm směrnic, které respektují principy Nového legislativního rámce.

Mezi novými směrnicemi jsou i tyto „metrologické“:

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/31/EU ze dne 26. února 2014 o harmonizaci právních předpisů členských států týkajících se dodávání vah s neautomatickou činností na trh

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/32/EU ze dne 26. února 2014 o harmonizaci právních předpisů členských států týkajících se dodávání měřidel na trh (přepřpracované znění)

Více informací v aktualitách na webu ÚNMZ

www.unmz.cz

23. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE MĚŘICÍ TECHNIKA PRO KONTROLU JAKOSTI – PLZEŇ 2014

Ing. Václav Bursa

České metrologická společnost

Ve dnech 11. a 12. března 2014 proběhl v Plzni již 23. ročník mezinárodní konference Měřicí technika pro kontrolu jakosti. Stejně jako v roce 2013 byly i letos pro tuto tradiční akci zvoleny prostory kongresového centra Primavera, které splňuje všechny požadavky na kvalitní technické zajištění akce podobného významu a poskytuje komfortní ubytovací a stravovací služby.

Jako každým rokem, tak i letos, doprovázela konferenci rozsáhlá výstava měřicí techniky. Dochází tak k těsnému spojení výstavy a přednášek, což umožňuje velmi efektivní poznávání moderní měřicí techniky. Informace, získané na přednáškách, si účastníci ihned prakticky ověřují na exponátech výstavy. Program konference byl proto stanoven tak, aby účastníci měli dostatek času na prohlídku výstavy a konzultace s jednotlivými vystavovateli.

Konference a výstava se zúčastnilo v roli posluchačů 102 odborníků. Převahu měli opět pracovníci ze strojírenství, ale významný podíl tvořili také pracovníci z automobilového průmyslu a zastoupení měla i elektrotechnika. Z hlediska profesního byli nejvíce zastoupeni metrologové a techničtí kontroloři, za nimi následovali zkušební technici, pracovníci útvarů systémů managementu, konstruktéři a technologové.

Záštitu nad letošní konferencí, jejíž motto znělo „**Přesná měření – základ kvality**“, převzal předseda Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví Mgr. Viktor Pokorný, který také konferenci otevřel přednáškou na téma Významné aktivity ÚNMZ v oblasti technické normalizace, metrologie a státního zkušebnictví.

Poté následovaly jednotlivé přednášky a informace představitelů vystavujících firem, kterým byl věnován celý program prvního a dopoledne druhého dne. Celkem bylo předneseno 19 referátů. Přednášky se orientovaly převážně na pokroky v měřicí technice a navazovaly na vystavované exponáty, ale pozornost byla věnována i obecnějším problémům metrologie. Velkému zájmu se těšil workshop, zařazený na závěr konference, který moderoval doc. Ing. Vít Zelený, CSc. z Laboratoře primární metrologie ČMI Praha. Workshop byl zaměřen na problematiku Mezilaboratorní měření – poznání své mocnosti, která byla demonstrována praktickými ukázkami měření válce a odchylek jeho tvaru.



Přednášky jsou publikovány ve sborníku, který obdrželi všichni posluchači. Součástí sborníku je i výstavní katalog, který obsahuje důležité informace o vystavujících firmách a mediálních partnerech konference. Sborník je k dispozici v sekretariátu ČMS.

Na přednáškovou část konference navazoval odpoledne druhého dne fakultativní program v podobě exkurzí. Zájem účastníků konference byl poměrně rovnoměrně rozdělen mezi tři akreditovaná laboratorní pracoviště:

ČMI, pobočka Plzeň, akreditovaná kalibrační laboratoř pro obory hmotnost, tlak, objem a průtok,

VZÚ Plzeň s.r.o., **zkušební laboratoře akreditované** ke zkouškám v oblasti chemického, metalografického a mechanického zkoušení materiálů,

VZÚ Plzeň s.r.o., **akreditovaná kalibrační laboratoř pro kalibraci měřidel pro měření geometrických veličin a drsnosti povrchu.**



Jak již bylo řečeno, důležitou složkou konference je vždy výstava měřicí techniky. Letos se jí svými exponáty zúčastnilo 33 vystavovatelů, kteří představili výrobky více než stovky firem z 21 zemí. Nejvíce byly zastoupeny firmy z Německa, Velké Británie, USA a Švýcarska.

Mezi exponáty převažovaly měřicí a kontrolní prostředky pro strojírenství, zejména v oblasti délek a úhlů, přístroje pro měření geometrických parametrů a textury, resp. drsnosti povrchu, tvrdoměry, videomikroskopy a skenery, multisenzorové souřadnicové přístroje, automatické měřicí stanice, přístroje pro měření a monitorování teploty, zkušební přístroje a přístroje pro nedestruktivní testování (NDT), zařízení pro kalibraci měřidel a informační systémy řízení kvality a metrologie.

Jako každým rokem měla konference své mediální partnery, kdy jako obvykle nejtěsnější spojení s tématem konference má časopis Metrologie, ale mezi mediálními partnery nechyběl ani časopis Strojárstvo/Strojírenství.

Na závěr můžeme na základě dotazníků vyplněných účastníky a celkových ohlasů konstatovat, že 23. mezinárodní konference Měřicí technika pro kontrolu jakosti splnila očekávání jak po stránce odborné, tak i společenské, a pokračuje tak v tradici založené již téměř před čtvrt stoletím. Vždyť příští ročník, který organizátoři již začínají připravovat, bude už dvacátý čtvrtý.

INFORMACE O PRÁCI ČESKÉHO KALIBRAČNÍHO SDRUŽENÍ (ČKS) - jaro 2014

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.

za výbor ČKS

České kalibrační sdružení je zájmovým sdružením všech zájemců o metrologii. V současné době má cca 100 členů. Hlavním cílem sdružení je dvakrát ročně, na jaře a na podzim na odborných konferencích informovat podnikové metrology, pracovníky kalibračních laboratoří a všechny zájemce o metrologii o novinkách a nových požadavcích v referátech, které přednesou vedoucí pracovníci UNMZ, ČMI a ČIA a umožnit pracovníkům z praxe i osobní a neformální setkání s těmito pracovníky. Program je vždy doplněn referáty se zaměřením na problematiku metrologie pro rozšiřování přehledu a informace pro pracovníky, kteří se s měřením setkávají. ČKS pořádá podle potřeby i další odborné semináře zaměřené na jednotlivá odvětví hospodářství. Tyto akce jsou doprovázeny výstavkou a prezentací firem vyrábějících a dodávajících metrologický hardware a software. Sdružení je členem Evropské organizace Eurocal a má uzavřenu dohodu o spolupráci s Kalibračním sdružením SR v Bratislavě pro koordinaci a společné pořádání akcí. Sdružení má samostatnou sekci pro tachografy.

ČKS pořádalo 15. 4. a 16. 4. 2014 v hotelu Skalský Dvůr, již **48. Konferenci** s mezinárodní účastí zástupců z Velké Británie, Německa, Rakouska a Slovenska.

V úvodní části konference byli účastníci seznámeni předsedou Ing. Jiřím Kazdou s aktivitami sdružení v uplynulém období a plánem činnosti na příští období. ČKS má zastoupení a spolupracuje s ÚNMZ a ČIA (v poradních orgánech vedení těchto institucí a technických komisích). Tuto spolupráci hodnotíme jako velmi pozitivní, umožňuje zprostředkování nových informací z těchto institucí a zpětnou vazbu od členů ČKS směrem k těmto institucím. Tím mají pozitivní efekt pro všechny zúčastněné strany. ČKS se rovněž v uplynulých letech úspěšně podílelo na řešení některých úkolů v rámci programu rozvoje metrologie, jejichž cílem byla mimo jiné tvorba nových kalibračních postupů, které dosud nebyly v ČR akreditovány, a dále aktivní účast v oponentních komisích při řešení dalších úkolů souvisejících s rozvojem metrologie.

Za velmi významnou je možné rovněž označit spolupráci ČKS s ČMI, aktuální informace zprostředkované panem generálním ředitelem RNDr. Pavlem Klenovským o situaci v oblasti metrologie v evropských zemích i o legální metrologii jsou vždy inspirující, protože umožňují pochopit směr vývoje v různých oblastech metrologie.

Mezi další aktivity ČKS patří mezinárodní spolupráce kalibračních laboratoří a to v rámci sdružení EUROCAL, jehož členy jsou ČKS, DKD a KZSR (smlouva o sdružení EUROCAL je zveřejněna na www stránkách ČKS). Ing. Roman Honig informoval na konferenci o vytvoření technických komisí pro činnost v jednotlivých oborech a o zpracování přehledů kalibračních postupů používaných v ČR a SR, (přehled kalibračních postupů používaných

v DKD je již zpracován a zveřejněn na www stránkách DKD). Cílem této iniciativy je dát k dispozici kalibračním laboratořím, zákazníkům těchto laboratoří, a potenciálním zájemcům o zřízení akreditované kalibrační laboratoře, přehled o postupech, které již byly akreditovány a v konečném efektu usnadnit proces posuzování laboratoří.

K vlastnímu odbornému programu konference:

Informace z ÚNMZ přednesl Ing. Zbyněk Veselák, ředitel odboru metrologie ÚNMZ, *aktuality z oblasti akreditace* Ing. Jiří Růžička MBA, ředitel ČIA, o.p.s., *o novelizaci MP-002, Posuzování způsobilosti AMS* referoval Ing. Erich Ludwig, ČMI, *o změnách v GUM* referoval RNDr. Pavel Klenovský, gen. ředitel ČMI, *k MPZ v kalibračních laboratořích* RNDr. Simona Klenovská, ČMI. Další referáty byly *ke kalibraci pipet*, Ing. Daniel Šťastný Mettler z Toledo, s.r.o., *zkoušení komunálních měřidel*, RNDr. Pavel Klenovský, gen. ředitel ČMI, *k vyhodnocování měření*, Ing. Jan Otych, ČMI Brno, *kalibrace měřidel drsnosti povrchu*, Ing. Ivan Moltaš, ředitel HOMMEL CS s.r.o. (JENOPTIK), *kalibrace vah pomocí substituční zátěže*, Ing. Ivan Kříž, ČMI Brno, *k CMC (co v normě 17025 nebylo a přece se dělá)*, doc. Ing. Horský, CSc., ČKS, *silniční cisterny z pohledu metrologie*, Ing. Milan Sochor, ČMI Brno.

Program **sekce tachografy** při Českém kalibračním sdružení v rámci 48. konference ČKS přilákal 59 účastníků z řad autorizovaných metrologických středisek, výrobců tachografů a autopříslušenství, včetně několika hostů ze zahraničí. Jednání sekce bylo zaměřeno na aktuální legislativní změny a s tím související navazující prováděcí předpisy. Zaměstnanci Českého metrologického institutu seznámili účastníky se *změnami požadavků na systém managementu jakosti AMS vyplývajícími z novelizovaného předpisu MP 002-13*, dále s *výsledky kontrol v AMS a dvojstranného mezilaboratorního porovnávání zkoušek*. Ing. Jiří Novotný (Centrum dopravního výzkumu) seznámil s *novým Nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 165/2014 ze dne 4. února 2014 o tachografech v silniční dopravě, o zrušení nařízení Rady (EHS) č. 3821/85 o záznamovém zařízení v silniční dopravě a o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 561/2006 o harmonizaci některých předpisů v sociální oblasti týkajících se silniční dopravy*. Přítomní zástupci výrobců tachografů a souvisejících zařízení (HALE s.r.o., MECHANIKA v.d. Teplice, MAHA Consulting s.r.o., a SEMLER představili svoje produkty, zejména nové typy tachografů a zařízení pro jejich kontrolu. Velmi zajímavé bylo vystoupení Bc. Milan Špás (Centrum služeb pro silniční dopravu) shrnující *poznatky ze silničních kontrol v ČR a zahraničí ve vztahu k záznamovým zařízením*.

Poučné pro všechny řidiče bylo vystoupení Ing. Josefa Gerži (AUTOSLUŽBY MIRDA s.r.o.) *o změnách předpisů pro dopravu*. Bc. Libor Krejčí (Centrum dopravního výzkumu) uvedl účastníky do *problematiky přepravy dle dohody ADR a souvislosti s tachografy a elektroinstalací*

v dotčených vozidlech. Ing. Karel Jelínek (HALE s.r.o.) krátce shrnul desíletou činnost sekce tachografie a nastínil nové úkoly pro její další činnost, včetně přípravy programu 49. Konference ČKS.

Seminář „Vodoměry a měřiče tepla, 4. a 5. března 2014, v hotelu Skalský Dvůr, Lísek u Bystřice nad Pernštejnem byl zaměřený na činnosti Autorizovaných metrologických středisek a kalibračních laboratoří průtoku při ověřování a kalibraci vodoměrů a ověřování měřičů tepla. Přednášející byli většinou pracovníci ČMI (generální ředitel ČMI RNDr. Pavel Klenovský a pracovníci laboratoří průtoku a tepla ČMI). Hlavním cílem semináře bylo zajištění odborného školení pracovníků Autorizovaných metrologických středisek pro ověřování vodoměrů a měřičů tepla.



Semináře se zúčastnili téměř všichni zástupci AMS a kalibračních laboratoří průtoku a měřičů tepla. Náplní semináře bylo seznámení se s novými a připravovanými předpisy (MP 002, Opatření obecné povahy pro vodoměry a metodika pro funkční zkoušky pro zkušební tratě měřidel průtoku) a připomenutí aktuálních předpisů pro ověřování

měřidel. Další část byla věnována posuzování shody měřidel dle nařízení vlády 464 (směrnice MID) a popisu základních vlastností zkušebních stanic průtoku. Druhý den byl věnován vyhodnocování měření a stanovování nejistot při měření vodoměrů, průtokoměrů, odporových snímačů teploty a kalorimetrických počítadel. Přínosné pro účastníky bylo i jejich setkání a diskuze nad společnými problémy.

Jednodenní pracovní seminář **Kalibrace momentových klíčů** 18. 2. 2014, byl zaměřen na otázky teorie kalibrace, praktické problémy při kalibraci, předvádění a procvičování kalibrace momentových klíčů. Cílem semináře je výklad teorie kalibrace momentových klíčů včetně určování nejistoty kalibrace a především pak diskuze o problémech při jejich kalibraci a praktické procvičování jejich kalibrace.

Úvod do teorie kalibrace momentových klíčů Ing. František Dvořáček, ČMI Liberec, Možné složky nejistot při kalibraci momentových klíčů popsal Ing. František Dvořáček, ČMI Liberec, postup při kalibraci momentových klíčů ukázal Ing. Miloslav Bryol.

Plán na 2. pololetí 2014:

Seminář elektro	30. 9. 2014
49. konference ČKS (podzimní)	11. a 12. 11. 2014

České kalibrační sdružení pořádá letos ve spolupráci s ČMI **seminář z oblasti elektrických veličin** 30. 9. 2014 tradičně v informačním centru školícího střediska Jaderné elektrárny Dukovany. Jde již o 10. setkání pořádané ČKS, pro všechny zájemce o měření a metrologii elektrických veličin. Tentokrát to bude seminář se zaměřením nejen na *multimetry a jejich vlastnosti, včetně problematiky závad a oprav, kalibrace, nejistoty, ale informativně budou probráný i ostatní méně často kalibrované elektrické veličiny a specifika pro kalibrace vlastností signálů, vedlejších vlastností prvků a speciální kalibrace (fáze, amplitudová a frekvenční modulace, činitel jakosti a činitel ztrát u součástek, problematika nelineárního zkreslení, pH metry, konduktometry, mosty pro odporovou termometrii, vlastnosti odporové dekadý i při střídavém proudu atd.)*. Novinkou budou letos obory, které dosud nebyly na akcích metrologů prezentovány. Bude to *Elektrostatika, ESD, elektrostatická odolnost, její význam, elektrostatické pracoviště a kalibrační laboratoř a dále EMC, Elektromagnetická kompatibilita a její význam v obecné praxi i v metrologii*. K doplnění znalostí budou pro zájemce k akci vydána i rozsáhlá skripta k uvedené problematice v rozsahu cca 250 stran. Letos bude přednášet 12 specialistů. Přednášejícími na semináři jsou špičkoví odborníci s dlouholetou praxí a zkušenostmi z oblasti kalibrace, zkoušení a revizí, zaměstnanci Českého metrologického institutu a členové Českého kalibračního sdružení a zástupci špičkových výrobců, zkušeben i kalibračních laboratoří.

Podrobná nabídka všech akcí ČKS je trvale k dispozici na webové stránce ČKS, www.eks-brno.cz, e-mail: eks-brno@volny.cz. Na těchto stránkách naleznete rovněž informace o podmínkách členství v Českém kalibračním sdružení.

„FINANČNÍ NEZÁVISLOST SOUVISÍ I S NEZÁVISLOSTÍ ROZHODOVÁNÍ,“ říká předseda Rozhodčího soudu při HK ČR a AK ČR Zdeněk Somr



ROZHODČÍ SOUD

při Hospodářské komoře České republiky
a Agrární komoře České republiky

Rozhodčí řízení se v České republice stalo uznávanou součástí českého právního řádu a na Rozhodčí soud při HK ČR a AK ČR se neváhají obrátit firmy či instituce ani v tak velkých sporech, jako je například v poslední době kauza tunelu Blanka. O postavení Rozhodčího soudu, jeho úspěších a cílech hovoříme s jeho předsedou Zdeněkem Somrem.

Součástí názvu vašeho Rozhodčího soudu je „při HK ČR a AK ČR“. Jaké jsou vztahy a vazby Hospodářské, respektive Agrární komory a Rozhodčího soudu?

Z hlediska procesního žádný vztah není a ani nesmí být. V tomto slova smyslu je Rozhodčí soud při HK ČR a AK ČR opravdu soudem, nezávislým na komkoliv a na čemkoliv. A totéž platí i pro hospodaření Rozhodčího soudu, kdy veškeré náklady soudu jsou hrazeny z poplatků zaplacených stranami, které řeší své spory v rozhodčím řízení.

V čem tedy vazba spočívá? Uvedení obou komor v názvu přeci není samoúčelné.

Spočívá v jediné věci – představenstva obou komor volí předsednictvo Rozhodčího soudu.

Komory tedy nepřispívají na náklady soudu, nefinancují jeho činnost či platy jeho zaměstnanců?

Nepřispívají. Rozhodčí soud je a musí být nezávislou institucí a jakákoliv finanční závislost by tuto nezávislost i důvěryhodnost Rozhodčího soudu podkopávala.

Jaké je tedy současné postavení Rozhodčího soudu a rozhodčího řízení jako takového v české společnosti?

Ještě před pěti, šesti lety se objevovaly pochybnosti, zda má tuzemské rozhodčí řízení nějakou budoucnost. Dnes o tom nikdo nepochybuje a rozhodčí řízení jako rychlý a efektivní způsob řešení sporů již vnímá nejen podnikatelská veřejnost. Rozhodčí řízení je vnímáno jako jeden z řádných způsobů řešení sporů, jako nedílná a plnohodnotná součást našeho právního řádu. Určitě k tomu přispělo působení a činnost Rozhodčího soudu při Hospodářské komoře ČR a Agrární komoře ČR, který je jediným stálým rozhodčím soudem v České republice s všeobecnou působností. Příkladem této prestiže je například to, že dnes rozhoduje takové spory, jako je dálnice D47, nebo tunel Blanka, i způsob, jak se o něm píše v médiích.

Můžete, vedle těchto konkrétních příkladů sporů, uvést další konkrétnější příklady činnosti Rozhodčího soudu, které přispívají k jeho prestiži v České republice?

V první řadě bych zmínil nárůst důvěry v Rozhodčí soud, o čemž svědčí i množství rozhodovaných sporů – ročně jich je kolem tří tisíc. Většina z evropských rozhod-

čích soudů řeší ročně desítky až stovky případů. Vstoupili jsme i do oblasti zdravotnictví, kde jsme začali rozhodovat úhradové spory, diskutujeme o možnostech ve sportovní arbitráži. A zmínit je třeba také osvětovou a vzdělávací činnost, kdy na různých akcích odborné, podnikatelské i širší veřejnosti představujeme principy rozhodčího řízení a jeho výhody, poskytujeme konzultace, pořádáme semináře, spolupracujeme s různými institucemi a organizacemi. Chceme přispět i ke vzdělávání mladých budoucích právníků, tak, aby studenti práv již na škole získali mnohem hlubší vědomosti o rozhodčím řízení.

A mezinárodní prestiž? Co ji konkrétně dokládá?

Je to například rozhodování o internetových doménách, kdy můžeme jako jedna ze dvou institucí v Evropě rozhodovat spory o největší světové domény, jako jsou například .com, .org a další. Jako jediní na světě pak může náš soud rozhodovat spory o domény .eu.

V souvislosti se spory o internetové domény se často hovoří o tom, že jste lídrem elektronizace v rozhodčím řízení. Čeho jste již v této oblasti dosáhli a co připravujete?

V oblasti elektronizace je jedním z cílů vytvořit elektronický spis a snížit tak náklady na vedení sporu. Není to záležitost nijak jednoduchá, protože Rozhodčí soud při tom musí dodržet řadu pravidel, která jsou pro rozhodčí řízení zásadní. Prioritní je pro nás bezpečnost dat, zajištění nevěřejnosti rozhodčího řízení. Musíme tedy zajistit, že data nejen že nebudou zcizena, ale také že nebudou zveřejněna. U jakékoliv změny dat a listin uložených u Rozhodčího soudu je prioritní posouzení, že se v žádném případě nesníží informační bezpečnost. Právě tento nárok dělá cestu k elektronickému spisu složitější a náročnější. Postupujeme tedy po jednotlivých krocích. Již dnes je například možné elektronicky podávat žaloby a další podání. Všude tam, kde je to již možné, elektronické cesty využíváme. Ale bezpečnost dat je a vždy bude prioritní.

Jste v čele Rozhodčího soudu zhruba čtyři roky. Co se za tu dobu Rozhodčímu soudu podařilo, čeho dosáhl a čeho dosáhnout chce?

Rozhodčí soud je stabilizovaná instituce, která v posledních letech upevnila své postavení v českém právním řádu a je důvěryhodnou institucí, což potvrzuje již zmiňovaný počet rozhodovaných sporů i mezinárodní prestiž soudu. Je to také stabilizovaný sbor rozhodců, jejich hrdost na příslušnost k soudu. Dosáhli jsme pokroku v oblasti vzdělávání, a to jak rozhodců, tak veřejnosti, pokročili jsme v oblasti elektronizace atd. To vše jsou ale nepřetržité procesy, v nichž chceme kontinuálně pokračovat a které patří k základům toho, abychom prestiž a dobré jméno Rozhodčího soudu při HK ČR a AK ČR nejen udrželi, ale dále posilovali. Chceme být trvalou jistotou pro podnikatele, a nejen pro ně, že se mohou rychle a účinně domoci svého práva nejen u nás, ale prakticky na celém světě.

Kalibrační značky vyrábíme od r. 1991.

NAŠE ZNAČKY ODEBÍRÁ VÍCE NEŽ 2000 ZÁKAZNÍKŮ.

VÝROBA KALIBRAČNÍCH ZNAČEK PRO METROLOGII a samolepicích štítků pro průmyslové využití

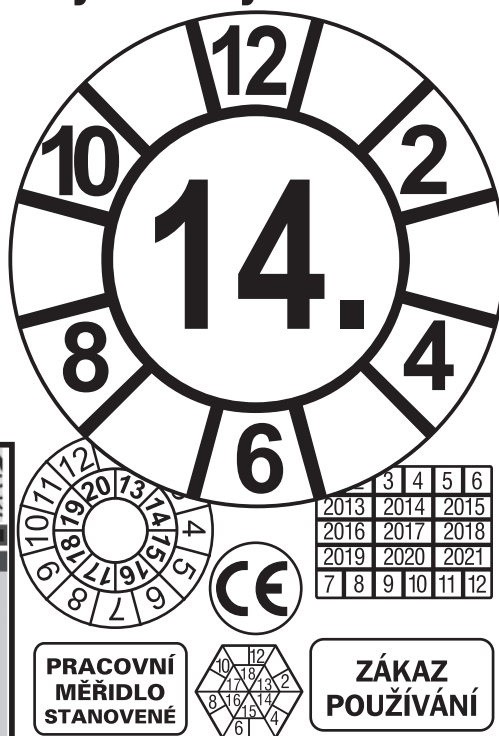
V naší stálé nabídce najdete více než 250 různých druhů kalibračních značek a štítků, které jsou neustále skladem.

Standardní expedice skladových značek je 1-3 dny.

Podle požadavku může být většina značek opatřena logem, případně identifikační značkou Vaší společnosti.

Pokud požadovanou značku nenajdete v naší nabídce, pošlete nám i jen rukou provedený náčrtek a obratem Vám zašleme cenovou nabídku a vypracujeme grafickou podobu značky.

Výrobou kalibračních značek se zabýváme více než 20 roků a dosud jsme nezaznamenali požadavek, který bychom nebyli schopni splnit k plné spokojenosti zákazníka.



Coptis® KALIBRAČNÍ ZNAČKY
značky, štítky a samolepky pro metrologické účely

Home | Registrace | KONTAKTY | Úvodní stránka | Košík (0,00 CZK)

Hledat: OK

Kategorie:

- UNI 12 mm
- kulaté
- hranaté
- různé šírky
- JEDNOLETÉ ZNAČKY
- jen vyznačený rok
- rok a doplňkový text
- VÍCELETÉ ZNAČKY
- jen s roky
- roky a doplňkový text
- TEXTOVÉ ZNAČKY
- SPECIÁLNÍ ZNAČKY
- SAMOLEPKY
- Děrovací kleště

ZNAČKY UNI dodáváme vždy v násobcích 30 ks.

Název	Velikost	cena s DPH
UNI 10	12 mm	...
UNI 11	12 mm	...
UNI 12	12 mm	...
UNI 13	12 mm	...
UNI 14	12 mm	...
UNI 15	12 mm	...

VZORNÍK ZÁKLADNÍCH BAREV

10 bílá	22 žlutá	31 červená
35 oranžová	43 fialová	53 modrá
64 zelená	74 šedá	39 reflexní

Nezapomeňte zadat do poznámek v objednávce číslo barvy! V případě požadavku na jinou barvu nás kontaktujte.

Obsah košíku: Košík je prázdný.

Užitečné odkazy: COPTIS - reklamní a dárkové předměty

Přes 250 druhů kalibračních značek ze základní nabídky nakoupíte pohodlně od stolu v E-shopu na www.kalibracky.cz.

Tištěný katalog značek Vám zašleme na vyžádání, nebo si jej můžete stáhnout na www.kalibracky.cz ve formátu pdf.

KALIBRAČNÍ ZNAČKY
značky a samolepky pro metrologické účely

CZKJ

Hledat: OK

Kategorie:

- ZÁKLADNÍ ZNAČKY
- JEDNOLETÉ ZNAČKY
- jen vyznačený rok
- rok a doplňkový text
- VÍCELETÉ ZNAČKY
- jen s roky
- roky a doplňkový text
- TEXTOVÉ ZNAČKY
- SPECIÁLNÍ ZNAČKY
- SAMOLEPKY
- Děrovací kleště

VZORNÍK ZÁKLADNÍCH BAREV

10 bílá	22 žlutá	31 červená
35 oranžová	43 fialová	53 modrá
64 zelená	74 šedá	39 reflexní

Nezapomeňte zadat do poznámek v objednávce číslo barvy! V případě požadavku na jinou barvu nás kontaktujte.

Obsah košíku: Košík je prázdný.

Užitečné odkazy: COPTIS - reklamní a dárkové předměty

Coptis®

COPTIS spol. s r.o. • Halasova 629, 703 00 Ostrava-Vítkovice
Tel/fax: 596 111 682, e-mail: coptis@coptis.cz

www.kalibracky.cz



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

NABÍDKA AKCÍ ČMS NA II. POLOLETÍ 2014 – kurzy, semináře, konference

16. září 2014 ČSVTS, 414	S 484-14	Nové kalibrační postupy
8. říjen 2014 ČSVTS, 418	K 488-14	Řízení metrologie v organizaci
15. říjen 2014 ČSVTS, 318	S 489-14	Metrologie v analytických laboratořích
22. říjen 2014 ČSVTS, 318	K 487-14	Metrologie v interních auditech
26. listopad 2014 ČSVTS, 318	K 491-14	13. kurz pro technické kontrolory
2. prosinec 2014 Klub Lávka, Praha	Ko 490-14	16. fórum metrologů + sjezd ČMS
8.–11. 12. 2014 ČSVTS, 219	K 492-14	41. základní kurz metrologie



Česká metrologická společnost
Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1
tel./fax: 221 082 254
e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.csvts.cz/cms

ČMS DÁLE NABÍZÍ:

Korespondenční kurz metrologie K – 90: cms-zk@csvts.cz
Kalibrační postupy na měřidla: cms-zk@csvts.cz
Certifikaci způsobilosti pracovníků pro metrologickou nebo zkušební činnost ve všech oborech této činnosti: cert-cms@csvts.cz
Více informací na www.csvts.cz/cms.



Redakční rada:

Ing. Emil Grajciar (předseda), Ing. František Jelínek, CSc. (místopředseda), RNDr. Jiří Tesař, Ph.D., Ing. Josef Vojtíšek, Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., Ing. Milan Badal, Prof. Ing. Jaroslav Boháček, DrSc., Bc. Jan Klíma, Ing. Jiří Kazda, Mgr. Václava Holušová, RNDr. Klára Popadičová, Ing. Jaroslav Rajlich, Ing. Petr Pánek, CSc., Ing. Jan Tichý, Jitka Hrušková. PhDr. Bořivoj Kleník – šéfredaktor.

Časopis vychází 4 x ročně. Cena výtisku 80,- Kč, roční předplatné 320,- Kč + poštovné a balné + 15 % 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: květen 2014. 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:

Sestavený multiplikátor tlaku během testů

Photo on the front page:

Assembled pressure multiplier during the tests

