

Kalibrace teplot a tlaků

Karolina Plšková

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Karolina PLŠKOVÁ**
Osobní číslo: **A10651**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Kalibrace teplot a tlaků**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte literární rešerši v oblasti kalibrace teplot a tlaků.
2. Vyberte přesnější druhy měřidel kalibrace teplot a tlaků s přihlédnutím na bezpečnostní technologii a polymerní technologii.
3. Popište realizaci pracoviště podle technického vybavení a technických požadavků na kalibraci.
4. Popište metodiky kalibrace, včetně vyhodnocení dat.
5. Navrhněte určité možnosti automatické a poloautomatické kalibrace teplot a tlaků v kalibrační laboratoři do budoucna.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Česká republika. Zákon č. 505/1990: Zákon o metrologii. In: Sbirka zákonů. 16. listopadu 1990.
2. TPM 0051 – 93. Technický předpis metrologie: Stanovenie neistot pri meraniach. Bratislava: Slovenský metrologický ústav, oddelenie normalizacie, 1993.
3. Dokumenty EA – Evropská spolupráce pro akreditaci. Číslo publikace: EA 4/02: Vyjadřování nejistot měření při kalibracích. Praha: Český institut pro akreditaci, o.p.s., leden 2001.
4. Kalibrace a měření teploty a vlhkosti: Sborník přednášek přednesených na semináři. Brno: České kalibrační sdružení, 2013.
5. Meranie tlaku a kalibrácia meradiel tlaku: Zborník prednášok z kurzu. 6. beh. Piešťany: Kalibrační združenie SR, 2008.
6. EURAMET PROJEKT. Metrology in short. 3rd edition. Německo: EURAMET, 2008. ISBN 978-87-988154-5-7. Dostupné z: <http://www.euramet.org/index.php?id=homepage>

Vedoucí bakalářské práce:

doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.

Ústav elektroniky a měření

Datum zadání bakalářské práce:

7. března 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

10. června 2014

Ve Zlíně dne 7. března 2014

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

děkan



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.

ředitel ústavu


Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- Že odevzdaná verze diplomové/bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Cílem této práce je seznámit čtenáře s principem a možnostmi kalibrace v oboru teplot a tlak, které jsou nezbytnou součástí jak v bezpečnostních, tak v polymerních technologiích.

Teoretická část práce se zabývá strukturou členění metrologie a kalibrace v oboru teplot a tlak. Dále se v ní věnuje právnímu prostředí a institucím z oboru metrologie, struktury návaznosti kalibračních laboratorii.

Praktická část je pak soustředěna na podrobnou metodu provedení postupu kalibrace a následného vyhodnocení nejistot jak u teplot, tak i u tlak.

Klíčová slova: Metrologie, kalibrace, teplota, tlaky, termoelektrické snímače teploty, odporové snímače teploty, deformační tlakoměry, digitální tlakoměry, nejistota měření, třída přesnosti.

ABSTRACT

The aim of this work is to introduce the principles and possibilities calibration of temperatures and pressures that are an essential part of both security technologist and in polymer technology.

The theoretical part deals with the breakdown structure metrology and calibration of temperatures and pressures. It also discusses the legislation and institutions in the field of metrology structure build - tion calibration laboratories.

The practical part is focused on a detailed method to perform the calibration procedure and instruments sledného evaluation of the uncertainties in both temperature and even pressure.

Keywords: Metrology, calibration, temperature, pressures, termocouple, resistance thermometer, manometer, digital pressure gauge, uncertainty, accuracy class.

Tímto bych chtěla poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu doc. RNDr. Vojtěchu Kešálkovi CSc. za pomoc při zpracování této bakalářské práce a společnosti Institut pro testování a certifikaci a.s. za poskytnutí potřebných materiálů a získání zkušeností, které jsem mohla využít v bakalářské práci.

Dále bych chtěla poděkovat rodině a nejbližším, kteří mě podporovali.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ÁST	10
1 NÁHLED NA OBOR METROLOGIE	11
1.1 KATEGORIE METROLOGIE	12
1.1.1 Prmyslová a vdecká metrologie.....	12
1.1.1.1 Obory	13
1.1.1.2 Etalony	15
1.1.1.3 Návaznost a kalibrace	15
1.1.1.4 Kalibra ní postupy.....	18
1.1.1.5 Nejistoty.....	19
2 OBORY TEPLA A TLAK V LITERATU E	21
3 KALIBRACE TEPLA A TLAK A JEJICH VYUÍTÍ V BEZPE NOSTNÍCH A POLYMERNÍCH TECHNOLOGÍCH	22
3.1 POLYMERNÍ TECHNOLOGIE	22
3.2 BEZPE NOSTNÍ TECHNOLOGIE.....	25
II PRAKTICKÁ ÁST	27
4 REALIZOVANÉ PRACOVITM	28
4.1 PROSTORY A PODMÍNKY PRACOVI TM	28
4.2 TLAKOM RY A POT EBNÁ ZA ÍZENÍ KE KALIBRACI	32
4.2.1 Deforma ní tlakom r	32
4.2.2 Digitální (íslicový) tlakom r	34
4.2.3 Za ízení sloufící ke kalibraci	34
4.2.3.1 Specifikace za ízení pístového tlakom ru DH-Budenberg 580 HX ...	38
4.2.3.2 Specifikace za ízení multifunk ního kalibrátoru Beamex MC 6.....	38
4.3 SNÍMA E TEPLA A POT EBNÁ ZA ÍZENÍ KE KALIBRACI.....	39
4.3.1 Odporový sníma teploty.....	39
4.3.2 Termoelektrický sníma teploty.....	41
4.3.3 Za ízení sloufící ke kalibraci	43
4.3.3.1 Technické parametry teplotních za ízení.....	44
4.3.3.2 Technické parametry etalonových teplotních sníma	48
4.3.3.3 Technické parametry íslicových multimetr	49
5 POSTUPY KALIBRACE TEPLA A TLAK	55
5.1 KALIBRA NÍ POSTUP	55
5.2 POSTUP KALIBRACE DEFORMA NÍCH A ÍSLICOVÝCH TLAKOM R	56
5.3 POSTUP KALIBRACE ODPOROVÝCH A TERMOELEKTRICKÝCH SNÍMA TEPLA	56
6 VYJAD OVÁNÍ NEJISTOT	58
6.1 VÝPO ET NEJISTOTY P I KALIBRACI DEFORMA NÍHO TLAKOM RU	58
6.2 VÝPO ET NEJISTOTY P I KALIBRACI ÍSLICOVÉHO TLAKOM RU.....	61
6.3 VÝPO ET NEJISTOTY P I KALIBRACI TERMOELEKTRICKÝCH SNÍMA TEPLA	62
Nejistota m ení etalonovým sníma em teploty u_E	65
Nejistota m ení pro zkou-ené sníma e u_X	70

Vlivy nejistoty měření způsobené pecí i kapalinovým termostatem u_L	71
6.4 VÝPOČET NEJISTOTY PŘI KALIBRACI ODPOROVÝCH SNÍMAČŮ TEPLoty.....	73
7 PLÁNY AUTOMATIZACE KALIBRACE TEPLoty A TLAK	
V BUDOUCNU.....	76
ZÁVĚR.....	77
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	78
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	81
SEZNAM OBRÁZKŮ	82
SEZNAM TABULEK	84
SEZNAM PŘÍLOH.....	85

ÚVOD

Tématem této bakalářské práce je kalibrace teplot a tlak , což je zároveň i oborem mého zaměření.

Tato práce představuje tendenci k důležitosti vyúsťování metrologie ve vývojových a výrobních provozech v oborech bezpečnostních a polymerních technologiích.

V návaznosti na zkvalitnění a zefektivnění veškerých vývojových a výrobních činností ať po samotnou produkci. Dnes již není pouhou otázkou dosažení dílčího úspěchu a prosazení se na domácím trhu, ale dá se říci, že je nutností pro schopnost se na trhu prosadit, zákazníka získat a dlouhodobě si jej udržet. Toto však lze pouze kvalitním produktem, kdy je vývoj a následná výroba řízená systémem jakosti a výrobní prostředí plní svou funkci správně a jsou v souladu s požadovanými normami.

Cílem této práce je rozbor a technická náročnost kalibrace u jednotlivých oborů teplot a tlak .

I. TEORETICKÁ ÁST

1 NÁHLED NA OBOR METROLOGIE

V první části se seznámíme s tím, co to znamená metrologie a z čeho se vlastně skládá. Slovo metrologie pochází z řeckého slova metron a logos. V tomto metron znamená měřidlo a další slovo logos vyjadřuje slovo či věc.

Tudíž můžeme říci, že jde o vědu o měření. Metrologie se zabývá problémy týkajícími se měření a s měřením souvisejícími, jak teoretickými, tak i aplikovanými neboli praktickými.

Metrologie zasahuje do všech odvětví národního hospodářství a nejvíce se vyvíjí u nás v oborech jako je fyzika, chemie, ekologie atd. [6]

Metrologii lze obecně rozdělovat do několika následujících oblastí a to podle toho, co se v nich děje. Jedná se následně o tyto problematiky:

- problematiku veličin a jednotek,
- problematiku metod postupů měření se zpracování výsledků měření,
- problematiku měřících prostředků (jinými slovy problematika měřidel),
- problematiku vlivů lidského činitele,
- problematiku právní a legislativní,
- problematiku základních fyzikálních konstant,
- problematiku technických a materiálových konstant.

Dále metrologie plní následující hlavní úkoly:

- definuje měřící jednotky, které jsou mezinárodně uznávané (například metr),
- realizuje měřící jednotky pomocí fyzikálních metod (realizace metru s využitím laserových paprsků),
- vytváří etalonovou návaznost a dokumentování správnosti měření.

Nicméně toto není jediný úkol metrologie a tak se dále dělí do několika dalších kategorií, které je vhodné správně definovat. Metrologie má i jakýsi primární stupeň, do kterého zpravidla řadíme jak vědecký, výzkumný, tak i vývojový charakter, kde jsou řešeny problémy týkající se určené vědy nebo v daného oboru. [6]

1.1 Kategorie metrologie

Jak bylo dříve zmíněno, lze se metrologie dělit do dalších tří kategorií, tak je třeba vydefinujeme. Jsou to druhy metrologie s různým stupněm složitosti a požadavky na jejich přesnost:

- *Vádecká metrologie* zabývá se organizací a vývojem etalonů a jejich udržováním (nejvyšší úroveň).
- *Průmyslová metrologie* zajišťuje náležitě fungování měřidel používaných v průmyslu a ve výrobních a zkušebních procesech, pro zajištění kvality života obyvatel a pro akademický výzkum.
- *Legální metrologie* zabývá se správností měření tam, kde tato měření mají vliv na přesnost ekonomických transakcí, obzvláště tam, kde je potřeba přesného ověření měřidel. ^{[5][6]}

Dále existuje ještě šikáší drobná výjimka, která spadá jak do metrologie vádecké, tak má i určité rysy *užití metrologie* a zahrnuje průmyslovou metrologii, legální metrologii s výjimkou vádecké metrologie. Tato metrologie se nazývá fundamentální metrologie. Nicméně není mezinárodně oficiálně definována, i když je používána. ^[6]

Fundamentální metrologie a charakterizuje jako vádecká metrologie doplněná o ústí metrologie, která vyžaduje vádeckou kompetenci (zášobnost). ^[6]

1.1.1 Průmyslová a vádecká metrologie

Vádecká a průmyslová metrologie jsou dvě z tří kategorií metrologie.

Metrologické činnosti, zkoušení, měření a kalibrace jsou cennými vstupy pro zajištění kvality v průmyslové činnosti a kvality činností, které jsou spojené s péčí o kvalitu života. U těchto činností musí být prokazována návaznost, která je stejně důležitá jako vlastní měření. Uznávání metrologické kompetence na každých stupních této návaznosti lze dosáhnout dohodami a ujednáním o vzájemném uznávání. Příklady ujednání o vzájemném uznávání mezi CIPM MRA a ILAC MRA, a také mezi akreditací a expertním posouzením. ^[5]

1.1.1.1 Obory

V deská metrologie se lení podle BIPM do 9 obor : akustiky, látkové množství, ionizující zá ení a radioaktivita, elekt ina a magnetismus, délka, hmotnost, termometrie, radiometrie a fotometrie, frekvence a as.

EURAMET uflívá t í obor navíc a ty jsou: kvalita, pr tok a interdisciplinární metrologie.

[5]

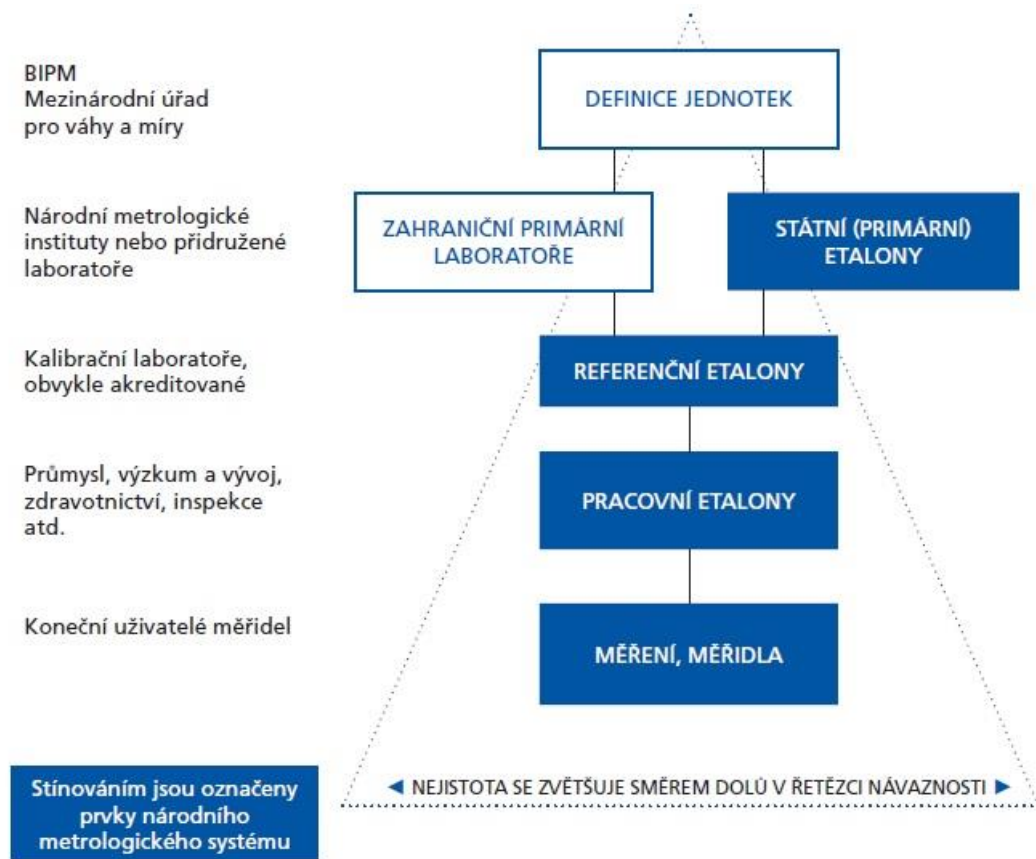
OBOR	DÍLČÍ OBOR	DŮLEŽITÉ ETALONY	OBOR	DÍLČÍ OBOR	DŮLEŽITÉ ETALONY	OBOR	DÍLČÍ OBOR	DŮLEŽITÉ ETALONY
HMOTNOST A K NÍ VZTAŽENÉ VELIČINY	Měření hmotnosti	Hmotnostní etalony, standardní váhy, komparátory	TERMOMETRIE	Dotykové měření teploty	Plynové teploměry, pevné body ITS 90, odporové teploměry, termočlánky	LÁTKOVÉ MNOŽSTVÍ	Chemie životního prostředí	Certifikované referenční materiály, hmotnostní spektrometry, chromatografie, gravimetrické etalony
	Síla a tlak	Síloměry, etalony síly, převodníky síly, momentu síly, tlakové váhy s pístovým válcem mazaným olejem/plynem, stroje na zkoušení materiálu, kapacitní manometry, ionizační měřky		Bezdotykové měření teploty	Vysokoteplotní černá tělesa, kryogenické radiometry, pyrometry, fotodiody Si		Klinická chemie	Čisté materiály, certifikované referenční materiály
	Objem a hustota	Skleněné areometry, laboratorní sklo, vibrační hustoměry, skleněné kapilární viskozimetry, rotační viskozimetry		Vlhkost	Zrcátkové měřiče rosného bodu nebo elektronické hygrometry, tlakové/teplotní generátory vlhkosti		Chemie potravin	Certifikované referenční materiály
ELEKTRINA A MAGNETISMUS	Veličiny stejnosměrného elektrického proudu	Kryogenické komparátory proudu, Josephsonův jev a kvantový Hallův efekt, Zenerovy reference, potenciometrické metody, komparátorové mosty	IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ A RADIOAKTIVITA	Absorbovaná dávka – medicínské aplikace	Kalorimetry, ionizační komůrky	Biochemie	Certifikované referenční materiály	
	Veličiny elektrického střídavého proudu	Převodníky ss/st proudu, etalonové kondenzátory, vzduchové kondenzátory, etalonové indukčnosti, kompenzátory, wattmetry		Radiační ochrana	Ionizační komory, referenční svazky a pole záření, proporcionální a jiné počítače, TEPC, termoluminiscenční detektory, Bonnerovy neutronové spektrometry	Mikrobiologie	Certifikované referenční materiály, standardní elektrody	
	Elektrické veličiny vř	Termokonvertory, kalorimetry, bolometry	Radioaktivita	Ionizační komory studnového typu, certifikované zdroje radioaktivity, spektroskopie gama a alfa, detektory 4 π	Měření pH	Certifikované referenční materiály, standardní elektrody		
DĚLKA	Velký proud a vysoké napětí	Měřiči transformátory proudu a napětí, referenční zdroje vysokého napětí	FOTOMETRIE A RADIOMETRIE	Optická radiometrie	Kryogenní radiometr, optické detektory, stabilizované laserové referenční zdroje, referenční materiály			
	Délka vlny a interferometrie	Generátory hřebene optických frekvencí, stabilizované lasery, interferometry, laserové interferometrické měřicí systémy, interferometrické komparátory		Fotometrie	Detektory viditelné oblasti, fotodiody Si, detektory kvantové účinnosti			
	Metrologie rozměrů	Koncové měřky, čárková měřidla, stupňové měřky, vnitřní a vnější válce, výškové kalibry, číselníkové úchylkoměry, měřiči mikroskopy, souřadnicové měřicí stroje, laserové skenovací mikrometry, hloubkové mikrometry, geodetické měřicí přístroje a nástroje		Kolorimetrie	Spektrofotometrie			
UHLOVÁ MĚŘENÍ	Měření tvaru	Rovnost, rovinnost, rovnoběžnost, čtverce, etalony kruhovitosti, válcové etalony	PRŮTOK	Optická vlákna	Referenční materiály – vlákna			
	Měření povrchu	Stupňové etalony výškové a drážkové, etalony drsnosti, měřiče drsnosti		Průtok a objem plynu	Etalony na principu kubické míry (krychlooměry), rotační plynoměry, turbinové plynoměry, předávací měřiče s kritickými dízami			
	Jakost povrchu	Stupňové etalony výškové a drážkové, etalony drsnosti, měřiče drsnosti		Průtok kapalin (množství, hmotnost a energie)	Etalony objemu, Coriolisovy hmotnostní etalony, měřiče hladiny, indukční průtokoměry, ultrazvukové průtokoměry			
ČAS A FREKVENCE	Měření času	Číslové atomové hodiny, zařízení na měření časového intervalu	Anemometrie	Anemometrie				
	Měření frekvence	Atomové hodiny a fontány, krystalové oscilátory, lasery, elektronické čítače a syntezátory, generátory hřebene optických frekvencí	AKUSTIKA, ULTRAZVUK A VIBRACE	Akustická měření v plynech	Standardní mikrofony, pístofony, kondenzátorové mikrofony, zvukové kalibrátory			
			Akcelerometrie, vibrace a zrychlení	Měřiče zrychlení, snímače síly, vibrátory, laserový interferometr				
			Akustická měření v kapalinách	Hydrofony				
			Ultrazvuk	Ultrazvukové měřiče výkonu, váhy Intenzity vyzářování				

[5]

Obrázek 1 Obory, dílčí obory a důležité etalony.

1.1.1.2 Etalony

Definice pro pojem etalon (standard) znamená, že je představená míra, měřicí postoj, měřidlo, referenční materiál nebo měřicí systém, který je určený k definování, realizaci, uchování nebo reprodukci jednotky, jedné i více hodnot jisté veličiny, která slouží jako reference. Etalony mají různou úroveň, a to podle etalometrické návaznosti, která je vyobrazena níže na obrázku. [5]



[5]

Obrázek 2 Etalometrické návaznosti.

1.1.1.3 Návaznost a kalibrace

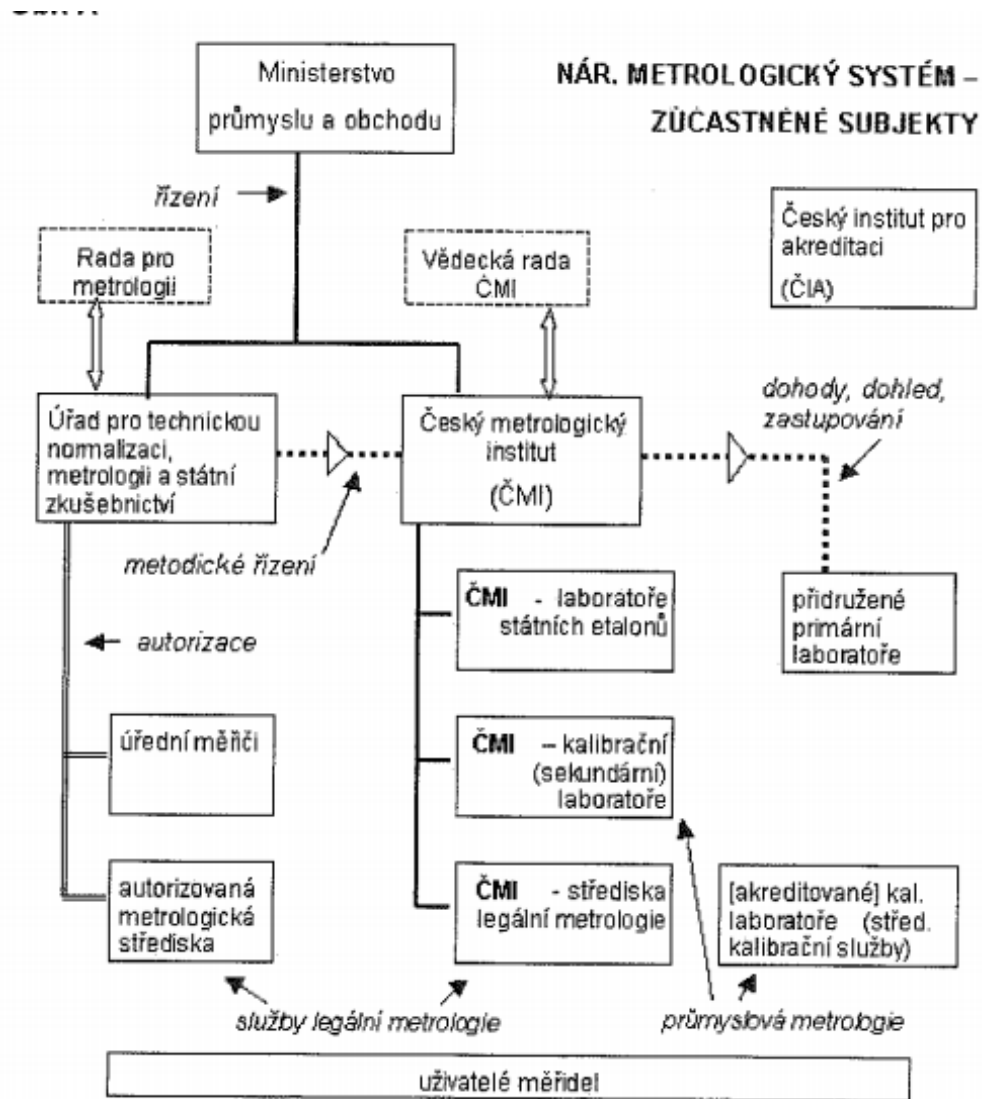
Věnováno se návaznosti, je věnováno v dokumentu, který je schválen Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví jsou METODICKÉ POKYNY PRO METROLOGII. Označení tohoto dokumentu je MPM 10/96 a nazývá se SCHÉMA NÁVAZNOSTI MĚŘIDEL, ZÁSADY TVORBY. Je tam uvedena věnovaná terminologie,

kteřá se toho tŷká. Např íklad od návaznosti aŷl po nejistoty a uvádí, co ve skute nosti zna-
mená a co vyjad ŷje. Dále jsou uvedeny ve-keré v-eobecné zásady, obsah schémat návaz-
nosti m ědel, v ěcné a formální pořadavky na SNM aŷl po postup p ě tvorb ě a schvalování
SNM.^[9]

et zec návaznosti, který je vyobrazen na obr. 2, je porovnání et zce, pro n ěhoŷ jsou dány
nejistoty. Z toho vyplŷvá, ŷe výsledky m ěně ě hodnoty etalonu jsou vztaŷeny vŷdŷy
k vy-ě úrovni a postupuje to aŷl k primárním etalon m ě. Primární etalony mají nejvy-ě
metrologickou jakost.

Kone nŷ ŷŷivatel získařvá návaznost na nejvy-ě mezinárodní úrovni bu ě p ěmo cestou
národního metrologického institutu, nebo prost ědnictvím sekundární kalibra ění laborato ě,
kteřá je zpravidla akreditovaná. M ě ŷe nastat ě to, ŷe návaznost m ě ŷe být zaji-t ěna ě prost
ědnictvím akreditované laborato ě, kteřá je mimo vlastní zemi ŷŷivatele.

A to nám zabezpe ŷí mnohostranné ŷmluvy o vzájemném uznářvání ILAC. Na základ
těto ŷmluvy o vzájemném uznářvání jsou na-e m ěně a kalibrace mezinárodn ě uznářvané
ve v-ech ělenskŷch státech ILAC. Seznam ělenskŷch stát ŷ ILAC je uvedena v p ěloze P
III.^{[5] [28]}

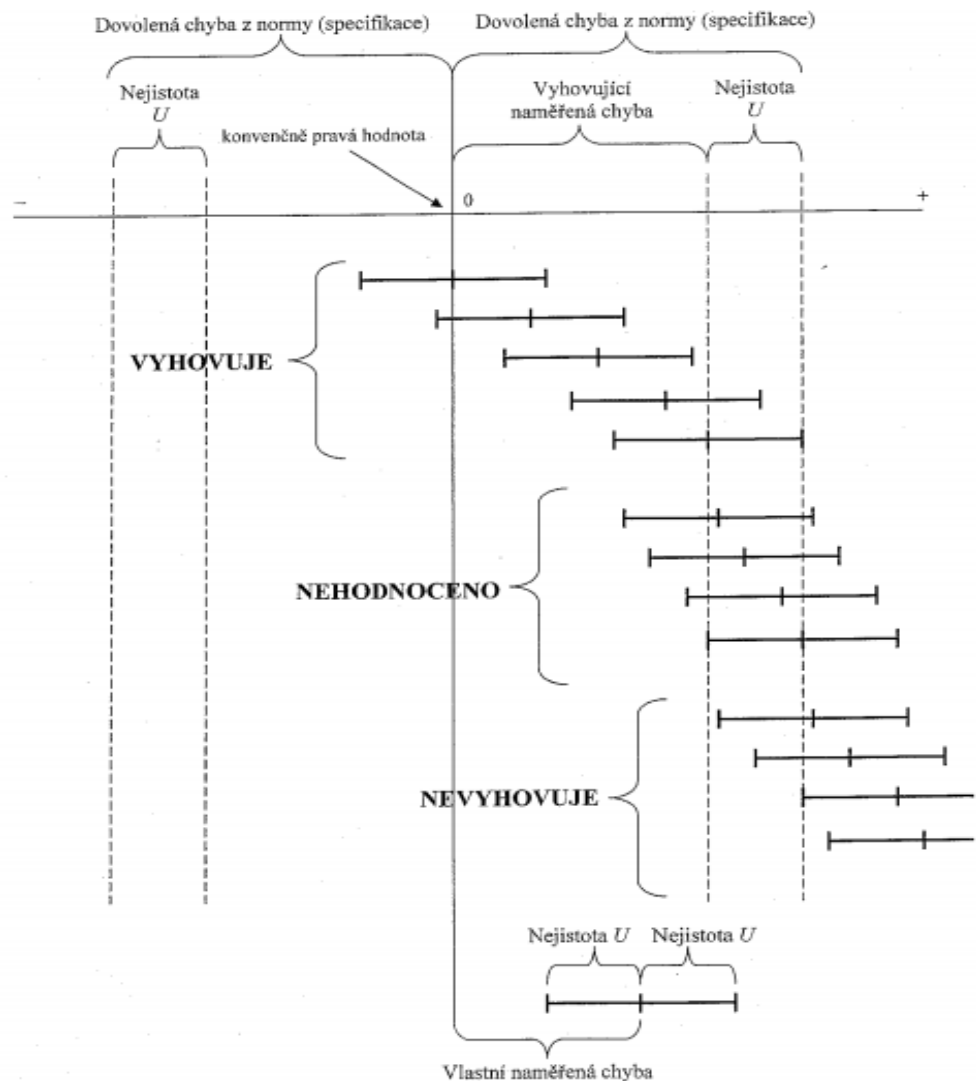


[4]

Obrázek 3 Subjekty působící v národním metrologickém systému R.

Základním prostředkem návaznosti měření je kalibrace měřidel, měřících systémů nebo referenčních materiálů. Kalibrace určuje metrologické charakteristiky přístroje, systému nebo referenčního materiálu. Tohoto se dosahuje buďto pomocí porovnáním s etalonem, nebo certifikovanými referenčními materiály. Po splnění všech bodů, které se musí postupně a pravidelně dodržovat a procházet jimi, tak se následně vystavuje kalibrační list a kalibrované měřidlo se musí opatřit štítkem. [5]

Grafické vyjádření hodnocení shody výsledků kalibrace se specifikací



[4]

Obrázek 4 Grafické znázornění výsledků kalibrace.

1.1.1.4 Kalibrační postupy

Kalibrační postup neboli bývá také nazván, jako referenční postup je dokument, který bývá akreditován. Tyto dokumenty bývají definovány jako postupy zkoušení, měření nebo analýzy, které jsou podrobně popsány a ověřeny, a ve kterých jsou uvedeny veškeré postupy týkající se celkové kalibrace a jejich vyhodnocení. Tudiž jsou určeny pro:

- hodnocení kvality postupů pro srovnatelné úkoly,
- charakterizují referenční materiály v etn referenčních objektů,
- stanovují referenční hodnoty.

Následně z toho vyplývá to, že se stanovují nejistoty zkoušeného neboli kalibrovaného měřidla. Nejistota výsledků referenční metody musí být stanovena odpovídajícím způsobem a musí být vhodná pro dané použití. [5]

1.1.1.5 Nejistoty

Definice pro nejistotu měření zní, že je to parametr, který je přidán k výsledku měření a charakterizuje rozptyl hodnot, které mohou být přidány k měřené veličině na základě použité informace. [9] Je kvantitativní mírou kvality výsledků měření, které umožňují porovnat výsledky měření a jinými výsledky, referencemi, specifikacemi nebo etalony. Věchna měření, která jsou prováděná, jsou zatížena chybami, a proto se výsledky měření liší od pravých hodnot naměřené veličiny.

Nejistoty měření mohou být stanoveny různými způsoby. Nejvíce využívanou a zároveň uznávanou metodou například akreditacími orgány, je doporučený postup GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement), který je popsán v Pokynů pro vyjádření nejistoty měření. Dalšími způsoby vyjádření nejistoty je stanovování postupem využívajícím modelování pomocí metody Monte Carlo. Tato metoda není ještě tak rozšířená a tím pádem není ani tak využívána.

Příkladem je poster Validace nejistoty kalibrace termolámkou metodou Monte Carlo autor z portugalského Instituto Portugues da Qualidade nebo podobný příspěvek Porovnání analýzy nejistot robustními metodami a metodou Monte Carlo. [5]

Nejistota měření zahrnuje složky pocházející ze systematických vlivů, jako například složky související s korekcemi a přidělenými hodnotami veličiny etalon, stejně jako definice nejistoty. Někdy nejsou odhadnuté systematické vlivy korigovány, ale místo toho jsou zahrnuty jako složky přidružené nejistoty měření.

Parametrem může být například smíšená odchylka nazvaná standardní nejistota měření (nebo její specifikovaný násobek), nebo polovina šířky intervalu, který má stanovenou pravděpodobnost pokrytí.

Nejistota měření obecně sestává z mnoha složek. Některé z těchto složek smí být vyhodnoceny vyhodnocením nejistoty měření způsobem A ze statistického rozdělení hodnot veličiny měření a mohou být charakterizovány smíšenými odchylkami. Jiné složky, které smí být vyhodnoceny vyhodnocením nejistoty měření způsobem B, mohou být také

charakterizovány smírodatnými odchylkami vypočtenými z funkcí hustoty pravděpodobností založených na zkušenosti nebo jiné informaci.

Obecně se pro daný soubor informací předpokládá, že nejistota měření je přidružená ke stanovené hodnotě veličiny při zjevné k měně veličin. Modifikace této hodnoty má za následek modifikaci přidružené nejistoty.

Definice nejistoty měření, která je uvedena výše je operativní definicí, která se soustředí na výsledek měření a vyhodnocení jeho nejistoty. Ale není v zásadním rozporu s ostatními používanými koncepty nejistoty měření, jako jsou:

- míra možné chyby odhadu hodnoty měření veličiny získané jako výsledek měření;
- odhad charakterizující rozsah hodnot, ve kterých leží pravá hodnota měně veličiny.

Pro vyhodnocování nejistoty měření je třeba jasně definovat tuto nejistotu pomocí zavedených statistických pojmů (veličin) - zavádí se proto (GUM) pojem šstandardní nejistota, což je nejistota výsledku měření vyjádřená jako smírodatná odchylka (odmocnina z rozptylu).^[7]

2 OBORY TEPLOTA TLAK V LITERATU E

O kalibracích v oborech teplot a tlak se hovoří ve specializované literatu e. Speciální literatura, která se tímto zabývá, je časopis METROLOGIE, který vychází 4x ro n a je vydávám Ú adem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zku–ebnictví ve spolupráci s eským metrologickým institutem, eskou metrologickou společností a eským kalibra ním sdružením.

časopis METROLOGIE je určen pro předplatitele, kterými jsou všechny významnější podniky v oblasti výroby, dopravy, energetiky, metrologických služeb i obchodu, odborné instituce jako jsou střední a vysoké školy, výzkumné ústavy, autorizovaná metrologická střediska, odborné knihovny atd.

Tento časopis je zdrojem důležitých informací:

- o národním metrologickém systému,
- technické normalizaci a státní zkušebnictví,
- vývoji předpisové základny i ve vztahu k evropské unii,
- o možnostech metrologického zabezpečení,
- o novinkách v měřicí technice,
- o historických měřících přístrojích,
- o odborných akcích aj.

Například v čísle 1/2012 se autoři RNDr. L. Peksa, CSc., RNDr. T. Gronych, CSc., Mgr. M. Jeáb, Ing. Z. Krajíček, Mgr. D. Praflák, Ing. F. Staněk, RNDr. J. Tesař, Ph.D., Mgr. M. Viar se snaží společně nastínit problematiku v oboru nízkých tlaků. Společně se vnovali problematice primárních etalonů velmi nízkých tlaků plynu neboli uflívané principy primárních etalonů vakua, které jsou pod hranicí 1 Pa. V tomto článku je popisován princip měření dynamické expanze, ale hlavně statické expanze, kde se vyskytuje základní problém určení přesného expanzního poměru. Tčto standard se vyuffívá ufl mnoho desítek let a zdá se, že možnosti dalšího vývoje jsou vyerpány, jelikofl byly všechny prostudovány. Dále tam autoři rozebírali a stručně popisovali postupně kolika způsoby.^[8]

3 KALIBRACE TEPLOTA TLAKU A JEJICH VYUŽITÍ V BEZPEČNOSTNÍCH A POLYMERNÍCH TECHNOLOGIÍCH

3.1 Polymerní technologie

V úvodu kolem nás se nacházejí věci, které jsou vyrobeny z různých materiálů. Proto velkou pozornost budeme věnovat hlavně polymerům a to především od jejich vzniku výroby, přes proces zpracování až po konečnou výrobku. Každý polymerní výrobek neboli výrobek z plastu prochází přes veškeré výrobní procesy.

Prvotním procesem výroby je granulový substrát polymeru, který je vystaven určité teplotě, ve které má svou granulovou podobu na hmotu, která se taví při přesně definované teplotě a následně se tato hmota formuje do definovaných forem, které jsou konstruovány a specifikovány. Do těchto forem jsou následně při správně nastavené teplotě a následně pod přesným tlakem vstříkávány a stlačovány do následných forem. V konečném procesu je výrobek ochlazen, aby mu byl zachován požadovaný tvar a tuhost s definovanými vlastnostmi.



[19]

Obrázek 5 Polymerní granulát v zásobníku vstřikovacího lisu.

Veškerý tento proces je přesně řízený a musí mít přesně v specifikované parametry.

Od tohoto stručného přehledu se odvíjí, že výroba musí splňovat technologické parametry, které mají úzkou vazbu na metrologii a následně i na kalibrace, které jsou nezbytnou součástí. Jelikož přístroje, kterými jsou vedeny takové výrobní procesy, se nazývají vstřikova-

čí lisy, mají v sobě zavedeny jak termoelektrické snímače teploty, tak i odporové snímače teploty a následně i deformace tlakem, převodníky tlaku a u modernějších zařízení tlakové ústředny.



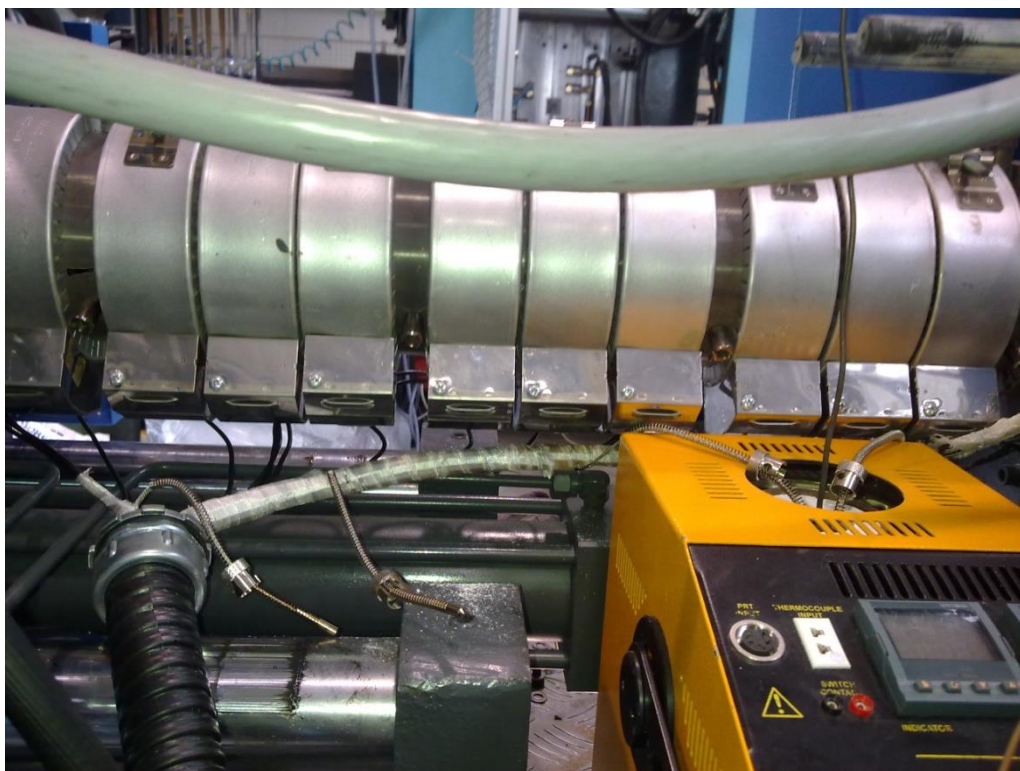
Obrázek 6 Vstřikovací lis značky Arburg.

Všechny tyto snímače, jak teplot, tak tlak, musí být metrologicky sledovány (kalibrovány) z důvodu dodržování technologického výrobního procesu, aby byla zachována požadovaná struktura vstřikovaného polymerního materiálu do forem. Kdyby tyto parametry nebyly v požadované toleranci, docházelo by k výrobě zmetků (neděly, nehomogennost materiálu, křehkost, lámavost). Pro každý polymerický substrát je stanovena rozdílná výrobní teplota pro zpracování s určitou tolerancí a ta musí být zachována.



Deformační tlakoměr pro snímání tlaku

Obrázek 7 Znáznorn í deforma ního tlakom ru na vst íkovacím lisu.



Obrázek 8 Kalibrace sníma teplot ze vstíkovacího lisu.

3.2 Bezpečnostní technologie

V bezpečnostních technologiích se také využívá kalibrace a to například u výrobku, který slouží k detekci požáru v interiéru obytných nebo obchodních budov. Je to například bezdrátový kombinovaný detektor kouře s teplotním snímačem. ^[10]



[10]

Obrázek 9 Kombinovaný detektor kouře s teplotním snímačem.

Takový detektor má v sobě zabudovaný odporový snímač teploty, který je kalibrován a výsledek nejistoty je uveden ve specifikaci výrobku od výrobce. Odporový snímač teploty u těchto zařízení se kalibruje ve výrobní dílně, nefyzikálně se nedělají ve všech částech detektoru dohromady. Tato kalibrace se nazývá jako prvotní kalibrace měřidla. Následně u takového zařízení není možná opakovaná kalibrace, jelikož by to byl celkový proces hlavně nákladný. Následně se provádí pouze funkčnost zařízení zpravidla jedenkrát ročně.

Dalším zařízením, které funguje na podobném principu, je bezdrátový detektor teploty, který nám například monitoruje okolní teplotu, která bývá ohrazená kritickou nízkou a vysokou teplotou. Taktéž má v sobě zabudovaný odporový snímač teploty, který se zavádí při výrobě před celkovou kompletací výrobku. Přesnost tohoto zařízení je $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ v rozsahu pracovních teplot. ^[10]



[10]

Obrázek 10 Bezdrátový detektor teploty.

II. PRAKTICKÁ ÁST

4 REALIZOVANÉ PRACOVNÍ

Každé akreditované kalibrační pracoviště si zpracuje příručku jakosti. Příručka jakosti nesmí být v rozporu se zákony a normami, které jsou určeny k akreditované kalibrační laboratoři a kterými se tyto laboratoře řídí. Tato příručka jakosti je závazná pro danou akreditovanou laboratoř jako hlavní dokument. Za příručku jakosti odpovídá vedoucí kalibrační laboratoře.

V příručce jakosti jsou uvedeny veškeré potřebné informace, jako například:

- revize a změny,
- přílohy a související dokumenty,
- definice, termíny a zkratky,
- požadavky na management,
- technické požadavky:
 - o osoby pracující v laboratoři,
 - o prostory a podmínky prostředí,
 - o kalibrační metody a validace metod,
 - o zařízení,
 - o návaznost měření,
 - o vzorkování,
 - o zacházení s kalibračními polohkami,
 - o zajištění kvality výsledků kalibrací,
 - o uvádění výsledků.^[21]

4.1 Prostory a podmínky pracoviště

V laboratořích jsou dodržovány podmínky, požadované příslušnými kalibračními předpisy. Zástupce vedoucího kalibrační laboratoře odpovídá za kontrolu dodržování stanovených podmínek.

Prostředí v kalibračních laboratořích v žádném případě nesmí ovlivňovat výsledky nebo přesnost kalibrací. Prostory kalibrační laboratoře jsou používány pouze pro účinnosti, které

bezprostředně souvisí s metrologickou přesností. Za účelem dokladování parametrů prostředí v AKL je záznam teploty a relativní vlhkosti monitorován 24x denně prostřednictvím záznamového zařízení napájeného akumulátorem Comet D 3631. Dané data jsou ukládány a zaznamenávány v počítači, kde se následně data vyhodnocují a archivují. [21]



[20]

Obrázek 11 Záznamové zařízení Comet D 3631.

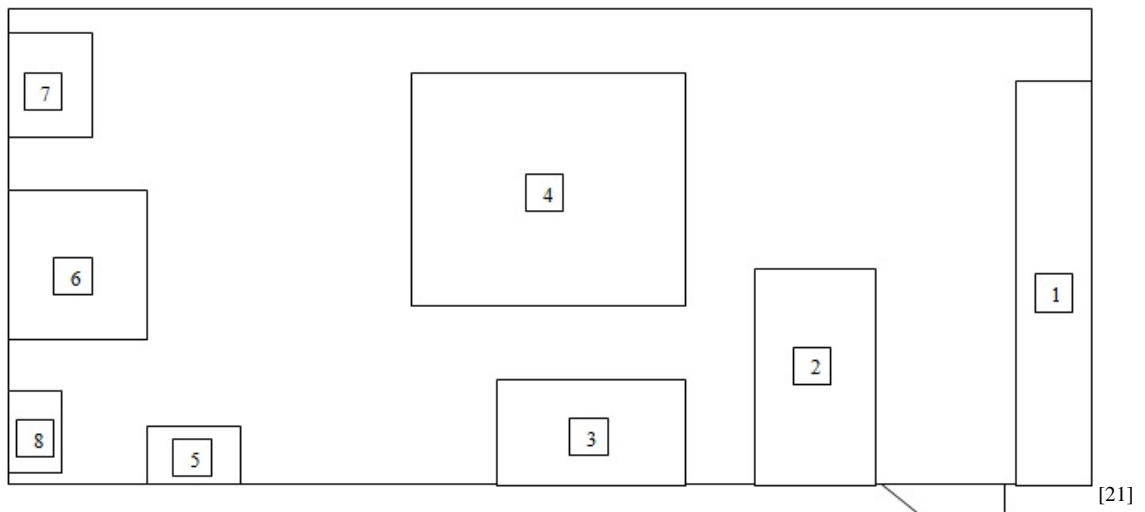
Technické požadavky záznamového zařízení Comet D 3631 jsou vyobrazeny v následující tabulce.

Tabulka 1 Technické parametry záznamového zařízení Comet D 3631.

Měřená veličina	relativní vlhkost + teplota
Typ konstrukce	pro 1 interní a 1 externí sondu teploty
Rozsah měřené teploty	-50 až +250°C
Funkce záznamu dat	Ano
Rozsah provozních teplot	-10 to +60°C
Temperature sensor	odporový Ni1000/6180ppm
Přesnost měření teploty se zabudovaným čidlem	±0.4°C
Přesnost vstupu měření teploty bez dodaných sond	±0.2°C od -50 do +100°C ±0.2% z měřené hodnoty od +100 do +250°C
Přesnost měření vlhkosti vzduchu	±2.5%RH od 5 do 95% při 23°C, rozlišení 0.1%
Přesnost měření rosného bodu	±1.5 °C při okolní teplotě T < 25°C a RH>30%, rozsah -40 do +60 °C
Napájení	baterie 9V
Typická životnost baterie	4 měsíce
Hodiny reálného času	rok, přestupný rok, měsíc, den, hodina, minuta, sekunda
Propojení s počítačem	sériové RS232
Interval vzorkování při automatickém záznamu	10s až 24h (18 nastavitelných intervalů)
Celková kapacita paměti	až 16 000 zaznamenaných hodnot
Typy záznamu	necyklický - po zaplnění paměti se záznam zastaví cyklický - po zaplnění se nejstarší hodnoty nahrazují novými

[20]

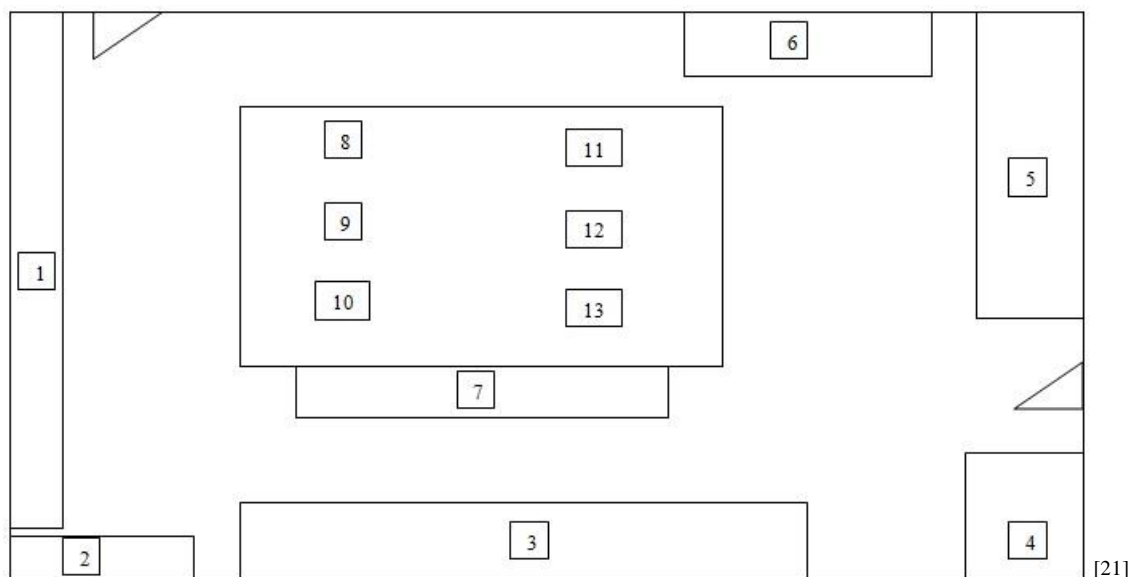
Následně kalibrační laboratoř například vypadat následovně. Jednotlivé prostory laboratoří jsou rozděleny podle oborů do jednotlivých místností. Jedna místnost je uspořádána pro kalibraci teplot, tak druhá místnost je podobně uspořádána zase tak, aby se tam mohla provádět kalibrace tlaků.



Obrázek 12 Příklad pracoviště pro kalibraci tlakoměrů.

Legenda laboratorního tlaku:

1 skříň; 2 stůl; 3 vzduchový filtr; 4 tlakoměr + rozvod; 5 vakuová komora; 6 stůl + rozvod tlaku; 7 skříň; 8 Hg + H₂O sloupec.



Obrázek 13 Příklad pracoviště pro kalibraci teplot.

Legenda laboratorního teplot:

1 sk í ; 3, 4, 5, 6 st l; 8 pracovní st l; 10, 13 s l; 2 klima; 7 umyvadlo; 9, 12 olej; 11 PC, íslicový multimetr. ^[21]

4.2 Tlakoměry a potěbná zařízení ke kalibraci

V laboratoři, kde se kalibrují tlakoměry jak deformací, tak i digitální jsou potěbná přesně definovaná zařízení.

Tlakoměry dělíme na:

- deformací tlakoměry,
- digitální tlakoměry,
- převodníky tlaku.

Mezinárodní technické normy, které se zabývají deformací tlakoměry, jsou normy:

- SN EN 837 01 01 Měřidla tlaku 01 část 1: Tlakoměry s pružnou trubicí 01 Rozměry, metrologie, požadavky a zkoušení
- SN EN 837 02 01 Měřidla tlaku 01 část 2: Doporučení pro volbu a instalaci tlakoměrů
- SN EN 837 03 01 Měřidla tlaku 01 část 3: Membránové a krabicové tlakoměry 01 rozměry, metrologie požadavky a zkoušení.






Norma, která se zabývá zase elektromechanickými tlakoměry, tj. tlakové snímače, tlakové převodníky a tlakoměry s digitální nebo analogovou indikací. Tato norma se nazývá EURAMET/cg-17 (EA 010/17) 01 Dokument pro kalibraci elektromechanických tlakoměrů.

4.2.1 Deformací tlakoměry

Deformací tlakoměry fungují na principu, který je založen na pružné deformaci trubice, a následně na změně geometrického tvaru vhodného tlakového prvku, vlivem působení měřeného tlaku.

Deformací tlakoměry se dělí na tlakoměry s pružnou trubicí, membránové a krabicové tlakoměry.

Tabulka 2 Druhy značení pružinových tlakoměrů.

<u>Druh pružné trubice</u>	<u>Značení</u>
Kruhová	
Spirálová	
Vinutá	
Membránové pouzdro	
Membrána	

[12] [13]

Každý deformací tlakoměr má definovanou třídu přesnosti a podle třídy přesnosti se udává počet zkušebních bodů, které musí být rovnoměrně rozděleny po celé stupnici měřidla.

Tabulka 3 Největší dovolené chyby.

<u>Třída přesnosti</u>	<u>Meze dovolené chyby</u> (procento měřícího rozptí)
0,6	± 0,6 %
1	± 1 %
1,6	± 1,6 %
2,5	± 2,5 %
4	± 4 %

[12] [13]

Podle předchozí tabulky se udává počet zkušebních bodů :

Třída přesnosti 0,6: minimálně 10 bodů ;

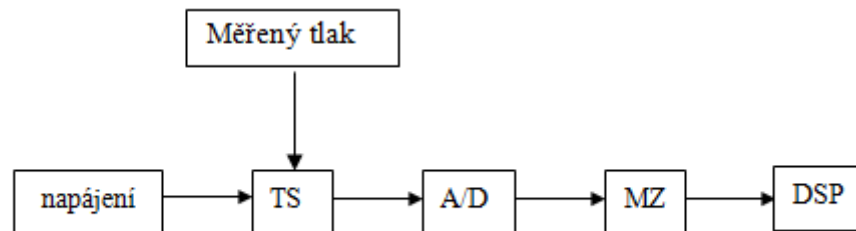
Třídy přesnosti 1; 1,6 a 2,5: minimálně 5 bodů ;

Třída přesnosti 4: minimálně 4 body. ^{[12] [13]}

4.2.2 Digitální (číslicový) tlakoměr

Takový druh tlakoměru je kompletním měřicí přístrojem, který indikuje tlakovou jednotku. Tlakovoměr s digitální indikací se skládá z následujících komponent :

- tlakový snímač ,
- modul úpravy analogového signálu,
- analogovo -digitální převodník,
- modul zpracování digitálních údajů ,
- digitální indikace (jednotkou, použitím, resp. specifikovanou výrobcem),
- elektrické napájení (obecně je napájení nedílnou částí přístroje). ^[11]



Obrázek 14 Schéma digitálního tlakoměru.

Legenda zkratk:

TS – tlakový snímač – převádí měřený tlak na analogový elektrický signál, který je proporcionální k použitému vstupnímu napětí. ^[11]

A/D – analogovo -digitální převodník

MZ – modul zpracování

DSP – displej

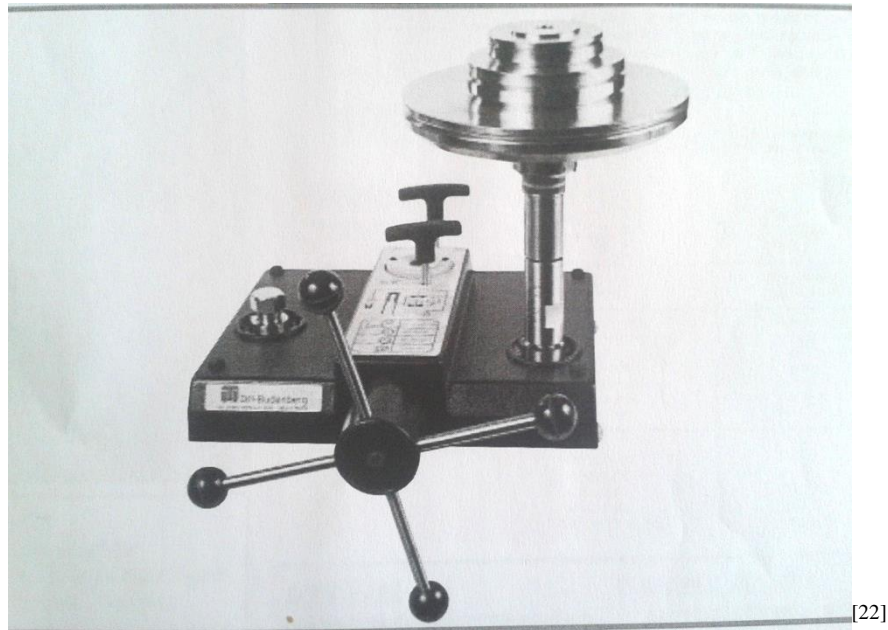
4.2.3 Zařízení sloužící ke kalibraci

Je spousta měřicích zařízení, které se mohou používat ke kalibraci. Pozornost se bude věnovat přístrojům, které zde budou uvedeny jako názorný příklad.

V první řadě musí být laborator klimatizována a musí se vždy při kalibrační činnosti zaznamenávat jak teplota okolí, tak i relativní vlhkost okolního prostředí. K tomu slouží, již zmíněné záznamové zařízení Comet D 3631, které bylo definováno v předchozí kapitole.

Měřidla se vždy musí před kalibrací aklimatizovat na teplotu prostředí laboratoře. Dále uvedené měřicí přístroje jsou konkrétní zařízení pro samostatnou kalibraci.

Například je to pístový tlakoměr DH-Budenberg 580 HX, který slouží pro kalibraci jak deformací tlakoměrů, tak digitálních tlakoměrů v rozsahu od (0 ÷ 1200) bar.



Obrázek 15 Pístový tlakoměr DH-Budenberg - 580 HX.

Další zařízení, sloužící ke kalibraci tlakoměrů je multifunkční kalibrátor MC6 od firmy Beamex, ke kterému je potřeba různých přídavných zařízení (tlakových modulů) podle rozsahu měřidla, zda se jedná o tlakoměry na nízký tlak v rozsahu od (-10 ÷ 20) bar na vysoký tlak v rozsahu od (0 ÷ 1000) bar, o diferenční tlak (+/-), nebo o absolutní tlak.



[18]

Obrázek 16 Multifunk ní kalibrátor Beamex MC 6.

Na rozsah od $(-0,95 \div 20)$ bar je pot eba dvou r zných za ízení, které se lení podle vlastnosti. Jedná-li se o p etlak $(0 \div 20)$ bar, je pot eba vzduchová pumpa. V opa ném p ípad , jestli se jedná o podtlak $(-0,95 \div 0)$ bar, je pot eba ke kalibraci vakuová pumpa.



[18]

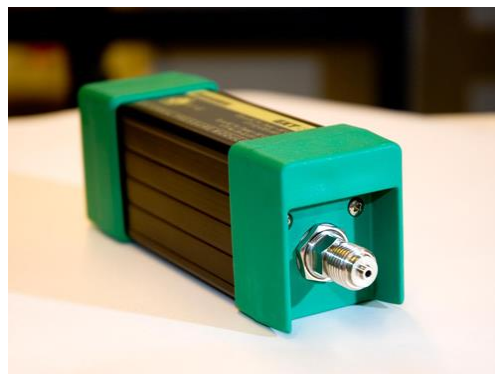
Obrázek 17 Vzduchová pumpa.



[18]

Obrázek 18 Vakuová pumpa.

Na rozsah od (0 ÷ 1000) bar musí být předavné zařízení - externí modul EXT 1000 od firmy Beamex a nebo může být olejová hydraulická pumpa vysokého tlaku PGXH taktéž od firmy Beamex, která má měřicí rozsah od (0 ÷ 70) MPa.



[18]

Obrázek 19 Externí modul EXT 1000.



[18]

Obrázek 20 Vysokotlaká hydraulická pumpa.

4.2.3.1 Specifikace za ízení pístového tlakom ru DH-Budenberg 580 HX

Specifikace pístového tlakom ru jsou:

- standardní nejistota 0,015% z rozsahu,
- tída p esnosti 0,01%,
- od 6 do 1200 bar je nejistota 0,02%,
- od 1 do 6 bar je nejistota 0,025%.

4.2.3.2 Specifikace za ízení multifunk ního kalibrátoru Beamex MC 6

P esnost m ení tlaku za íná od \pm (0,005 % plného rozsahu + 0,0125 % ode tu).^[18]

Vnitřní moduly	Vnější moduly	Jednotka	Rozsah (3)	Rozlišení	Přesnost (1 (±))	Nejistota (±) (2)
PB	EXTB	kPa a mbar a	70 až 120 700 až 1 200	0,01 0,1	0,3 mbar	0,05 kPa 0,5 mbar
P10mD	EXT10mD	kPa diff mbar diff	± 1 ± 10	0,000 1 0,001	0,05 % rozpětí	0,05 % rozpětí + 0,1 % odečtu
P100m	EXT100m	kPa mbar	0 až 10 0 až 100	0,000 1 0,001	0,015 % FS + 0,012 5 % odečtu	0,025 % FS + 0,025 % odečtu
P400mC	EXT400mC	kPa mbar	± 40 ± 400	0,001 0,01	0,01 % FS + 0,012 5 % odečtu	0,02 % FS + 0,025 % odečtu
P1C	EXT1C	kPa bar	± 100 ± 1	0,001 0,000 01	0,007 % FS + 0,012 5 % odečtu	0,015 % FS + 0,025 % odečtu
P2C	EXT2C	kPa bar	-100 až 200 -1 až 2	0,001 0,000 01	0,005 % FS + 0,01 % odečtu	0,01 % FS + 0,025 % odečtu
P6C	EXT6C	kPa bar	-100 až 600 -1 až 6	0,01 0,000 1	0,005 % FS + 0,01 % odečtu	0,01 % FS + 0,025 % odečtu
P20C	EXT20C	kPa bar	-100 až 2 000 -1 až 20	0,01 0,000 1	0,005 % FS + 0,01 % odečtu	0,01 % FS + 0,025 % odečtu
P60	EXT60	kPa bar	0 až 6 000 0 až 60	0,1 0,001	0,005 % FS + 0,012 5 % odečtu	0,01 % FS + 0,025 % odečtu
P100	EXT100	MPa bar	0 až 10 0 až 100	0,000 1 0,001	0,005 % FS + 0,012 5 % odečtu	0,01 % FS + 0,025 % odečtu
P160	EXT160	MPa bar	0 až 16 0 až 160	0,000 1 0,001	0,005 % FS + 0,012 5 % odečtu	0,01 % FS + 0,025 % odečtu
-	EXT250	MPa bar	0 až 25 0 až 250	0,001 0,01	0,007 % FS + 0,012 5 % odečtu	0,015 % FS + 0,025 % odečtu
-	EXT600	MPa bar	0 až 60 0 až 600	0,001 0,01	0,007 % FS + 0,01 % odečtu	0,015 % FS + 0,025 % odečtu
-	EXT1000	MPa bar	0 až 100 0 až 1 000	0,001 0,01	0,007 % FS + 0,01 % odečtu	0,015 % FS + 0,025 % odečtu

[18]

Obrázek 21 Specifikace multifunk ního kalibrátoru Beamex MC 6 ó tlak.

Za ízení, které byly uvedeny vý-e (pístový tlakom r Budenberg, multifunk ní kalibrátor MC 6 a externí modul EXT 1000) slouží a jsou evidovány jako etalony.

4.3 Snímače teplot a potěbná zařízení ke kalibraci

Je velká škála různých druhů teplotních zařízení, které se kalibrují. Mezi hlavní teplotní zařízení patří odporové snímače teploty, termoelektrické snímače teploty, přímo-ukazující teploměry, skleněné teploměry, infračervené teploměry atd.

Mezi nejpoužívanější teplotní snímače v oboru bezpečnosti a polymerních technologiích jsou odporové snímače teploty a termoelektrické snímače teploty. Hlavní rozdíl mezi těmito dvěma druhy snímačů je v tom, že každý má jinou fyzikální veličinu. Odporový teploměr má odpor (50, 100, 500, 1000) (ohm) a jeho jednotky jsou udávány v (ohm) a termoelektrický teploměr má napětí a jeho jednotky jsou udávány v mV (milivolt). Další rozdíly jsou v konstrukčním provedení.

4.3.1 Odporový snímač teploty

Normy zpracované pro odporové snímače jsou následující:

- SN EN 25 8301 Provozní termoelektrické a odporové snímače teploty tekutin. Základní požadavky.
- SN IEC 751 Přemyslové platinové odporové snímače teploty.

Technické předpisy metrologické:

- TPM 3340-94 Platinové odporové teploměry, sekundární etalony, technické požadavky,
- TPM 3341-91 Platinové odporové teploměry, sekundární etalony, metody zkoušení a ověření,
- TPM 3342-94 Platinové odporové snímače teploty, metody zkoušení a ověření a kalibrace.

U odporových teploměrů je využíváno teplotního odporu a to jak kovových materiálů, tak i polovodičů.

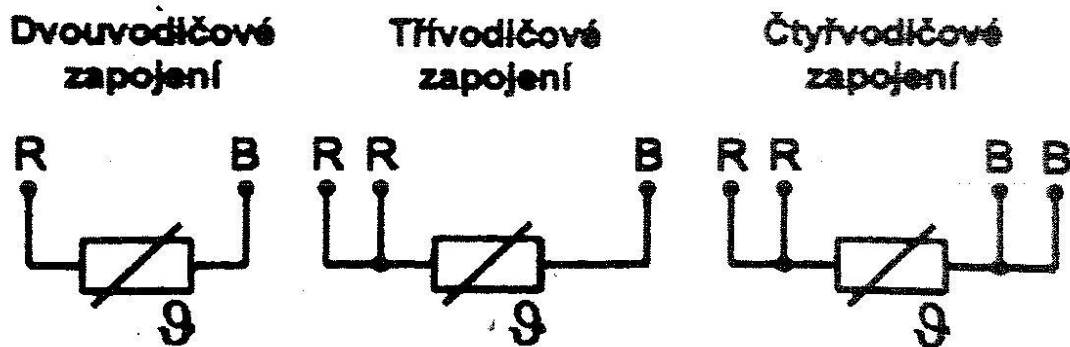
Odporové dráhy k měření teploty lze rozdělit na dráhy vinuté z platinového, niklového nebo manganového drátu a dráhy vrstevové, kde je odporová vrstva z platiny, niklu resp. molybdenu je nanesena na keramickém substrátu.

Platinové odporové snímače se vyrábí v různých konstrukčních provedeních podle použití. Od snímačů pro měření povrchových teplot, vpichovacích snímačů a až po robustní snímače pro

velké mechanické namáhání. Vlastní číslo odpor je připojen spojovacím (m d - ným) vedením s vyhodnocovacím zařízením o indikátorem.

Typ elektrického připojení:

- dvou vodičové,
- tří vodičové,
- čtyř vodičové resp. s pomocnou smyčkou.



[14]

Obrázek 22 Elektrické zapojení odporových snímačů teploty.

Výhody odporových teploměrů :

- vysoká přesnost a stabilita pro nízké a střední teploty,
- provedení snímače dle požadavků použití,
- vysoká úroveň výstupního signálu snímače s možností jeho linearizace ve vyhodnocovacím zařízení,
- výhodné použití pro regulační systémy pro střední teploty,
- možnost použití jednoho vyhodnocovacího zařízení pro více snímačů ve spojení s pevnými místy.

Nevýhody odporových teploměrů :

- poměrně vysoké izovační náklady,
- nízká odolnost na vibrace a otřesů, zvláště u vinutých odporových čidel,
- časová konstanta bývá většinou větší než u termoelektrických snímačů
- nutnost externího napájení

- pro prostředí s nebezpečím výbuchu je nutno mít speciální provedení pro toto prostředí.^[14]

Typy odporových snímačů teploty se řídí normou DIN EN 60751. V této normě se dělí typy odporových snímačů do 4 skupin:

- typ odporového snímače AA
- typ odporového snímače A
- typ odporového snímače B
- typ odporového snímače C.

Mezerní rozsah odporových snímačů teploty se pohybuje v rozmezí od -200 °C do 600 °C.

4.3.2 Termoelektrický snímač teploty

Normy zpracované pro odporové snímače jsou následující:

- SN 25 8301 o provozní termoelektrické a odporové snímače teploty tekutin. Základní požadavky,
- SN EN 60584-1 o Termoelektrické články část 1: Referenční tabulky,
- SN IEC 584-2 o Termoelektrické články část 2: Tolerance,
- SN 25 8331-3 o Termoelektrické články část 3: Prodlužovací a kompenzační vedení o Systém tolerancí a značení.

Technické předpisy metrologické:

- TPM 3320-94 o Termoelektrické snímače teploty, sekundární etalony, technické požadavky,
- TPM 3321-94 o Termoelektrické snímače teploty, sekundární etalony, metody zkoušení a ověřování,
- TPM 3322-94 o Termoelektrické snímače teploty pracovní, metoda kalibrace.

U termoelektrických teploměrů je využíváno toho, že jestliže jsou v jednoduchém elektrickém obvodu tvořené dvěma vodiči z různých kovů a jejich spoje umístěny v prostředí s různými teplotami, za obvodem procházejí.

V současné době se typy termoelektrických článků ustálily a jsou popsány v SN EN 60584-1. Tato norma obsahuje tabulky základních hodnot termoelektrických článků pro jednotlivé typy. Typy termoelektrických článků se označují písmeny.

Tabulka 4 Základní typy termoelektrických článků dle SN EN 60584-1.

Označení	Složení	Teplotní rozsah °C	Podvodní označení
T	Cu-CuNi	-200 až 350	Cu-ko
J	Fe-CuNi	-20 až 750	Fe-ko
E	NiCr-CuNi	-100 až 900	Chóko
K	NiCr-NiAl	-200 až 1200	Chóa
N	NiCrSi-NiSi	-200 až 1200	-
S	PtRh10-Pt	0 až 1600	PtRh10
R	PtRh13-Pt	0 až 1600	PtRh13
B	PtRh30-PtRh6	300 až 1700	PtRh18

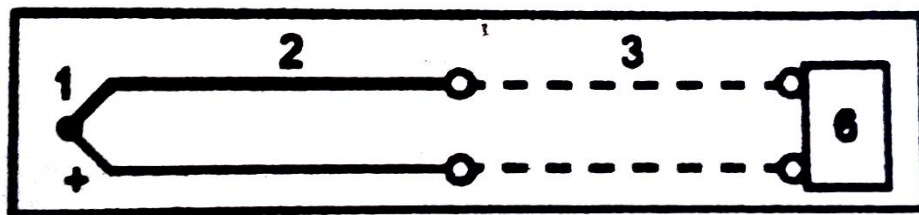
[14]

Nejčastěji se používají termoelektrické články s obecných kovů typů J a K a z drahých kovů pro měření vyšších teplot typů S a B.

Typickým příkladem u termoelektrických snímačů teploty se řídí norma DIN IEC 60584 (SN EN 60584-2- tolerance). V této normě se dělí typy do 3 skupin:

- Typ 1.
- Typ 2.
- Typ 3.

Vyrábějí se v různých konstrukčních provedeních podle použití. Od snímačů pro měření povrchových teplot, vpichovací snímače a až po robustní snímače pro velké mechanické namáhání.



[14]

Obrázek 23 Vlastní idlo termoelektrického článku.

Vlastní idlo o m ící spoj (1) je p ípojen p es v tve termo lánku (2) a obvykle prodlufo-
vací (kompenza ní) vedení (3) s vyhodnocovacím za ízením o indikátorem (6).^[14]

Výhody:

- p esnost a stabilita st ední teploty,
- provedení sníma e dle požadavk poufití,
- malá hmotnost idla sníma e a malá asová konstanta umofl uje m ení rychlých zm n teplot,
- moflnost ohebného provedení,
- mechanická odolnost sníma e,
- výhodné poufití pro regula ní systémy pro st ední teploty.

Nevýhody:

- malá hodnota výstupního signálu sníma e, která ovliv uje p esnost m ení,
- dovolené odchylky jsou pom rn velké,
- nutnost linearizce výstupního signálu,
- pom rn vyší po izovací náklady,
- moflnost vzniku ru-ivých vliv .^[14]

4.3.3 Za ízení sloufící ke kalibraci

I zde se naskýtá spousta kalibra ních za ízení a moflností, které mohou akreditované kalib-
ra ní laborato e vyuffívat.

Jednotlivá za ízení se rozli-ují i zde, hlavn podle kalibrované teploty. Jelikofl není ani
jedno za ízení, které by zvládalo teploty v rozsahu od (-25 ÷ 1200) °C je tedy nezbytn
nutné, aby bylo m ících zdroj více pro ur ité teplotní rozsahy.

Nap íklad pro teplotní rozsah od (-25 ÷ 170) °C slouffí teplotní pícka od firmy Isotech mo-
del Oceanus.

Dal-í pícka, která má teplotní rozsah (30 ÷ 700) °C je taktéfl od firmy Isotech model Me-
dusa 511.

Nakonec teplotní pec, která má rozsah teplot od (200 ÷ 1200) °C je od firmy Carbolite.

Zařízení, která jsou zatím zde uvedena, slouží v akreditované kalibrační laboratoři jako zdroje, která nám vytvářejí požadovanou teplotu.

Nyní budou uvedena měřící zařízení, které nám slouží pro kalibraci a jsou evidována jako etalony akreditované kalibrační laboratoři.

Pro měření (kalibrování/porovnávání) teplot jsou k dispozici teplotní snímače:

- odporový snímač teploty,
- termoelektrický snímač teploty,
- přímo-ukazující teploměr.

Další přístroje sloužící jako etalon a hlavně generující hodnoty měřících zařízení jsou číslicové multimetry:

- Transmille 8081
- Multifunkční měřící přístroj Beamex MC 6

4.3.3.1 Technické parametry teplotních zařízení

4.3.3.1.1 Teplotní pícka Isotech 580 Oceanus-6



Obrázek 24 Isotech 580 Oceanus - 6.

Kalibrátor s kovovým blokem pro velký ponor:

- teplotní rozsah $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $140\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- dlouhodobá stabilita: $\pm 0,03\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- homogenita $\pm 0,018\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- kalibrační blok: průměr 50 mm x hloubka 300 mm,
- ponor v bloku: 250 mm,
- dvouzónové topení.

Absolutní stabilita po dobu 30 minut:

- kovového bloku $\pm 0,03\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- míchání tekuté lázně $\pm 0,025\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- led/voda (stabilita pro trojný bod) lázně $\pm 0,001\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- měrného tlaku $\pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- kalibrátoru měřidla povrchové teploty $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- ITS-90 pevného bodu. $\pm 0,0002\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- rozlišení regulátoru 0,1 až 0,01 (4místný displej),
- doba ustálení 10 min.^[16]

4.3.3.1.2 Teplotní pícka Isotech 511 Medusa



[16]

Obrázek 25 Isotech Medusa 511.

Specifikace této stolní blokové pícky jsou následující:

Kalibrátor s kovovým blokem pro velký ponor:

- teplotní rozsah +30 °C až 700 °C,
- dlouhodobá stabilita: ± 0.03 °C,
- kalibrační blok: průměr 45 mm x hloubka 285 mm,
- ponor v bloku: 250 mm,
- topení s izonovým topením.

Další technické údaje a popis:

- rozehtání z 30 °C na 550 °C za 90 minut,
- zchlazení z 550 °C na 30 °C za 5 hodin,
- stabilizace 15 minut.

Absolutní stabilita po dobu 30 minut:

- kovového bloku $\pm 0,03$ °C,
- měrného teplotního lesa $\pm 0,1$ °C,
- kalibrátoru měřidla povrchové teploty $\pm 0,5$ °C,

- ITS-90 pevného bodu. $\pm 0,001$ °C.

Navíc k základní zóně řízeného ohřevu jsou přidány ještě další topná tělesa ve spodní a horní části bloku a tím jsou kompenzovány ztráty na koncích a po celé délce jímky je vytvořena zóna konstantní teploty.

Kalibrační prostor:

- průměr 45 mm, hloubka 285 mm,
- homogenita: $\pm 0,2$ °C (při 100 °C).

Rozlišení a zobrazení regulátoru na 4 místném displeji je:

- 0,01 do zobrazení 99.99
- 0,1 do zobrazení 100.0 až 650.0^[16]

4.3.3.1.3 Teplotní pec Carbolite



[17]

Obrázek 26 Teplotní pec Carbolite TZF 12/75/700.

Technické specifikace teplotní pece Carbolite TZF 12/75/700:

- maximální teplota 1 200 °C,
- průměr vnitřního prostoru trubice 75 mm (3ø),
- délka pracovní vytápěné trubice 700 mm,
- rozměry 525x775x360 mm,
- počet zón 3,

- homogenita při teplotě 1100 °C,
- délka homogenní zóny ± 5 °C je 540,
- typ regulačního termostatu N,
- výkon 3 kW. ^[17]

4.3.3.2 Technické parametry etalonových teplotních snímačů

4.3.3.2.1 Odporový snímač teploty

Odporové snímače teploty evidované a sloužící jako etalonové zařízení bývá specifikované podle výše uvedené normy, týkající se odporových platinových snímačů teploty.

Odporový snímač teploty používaný jako etalon je typ snímače PT100.

Aby takové zařízení mohlo sloužit jako etalon, musí být kalibrováno, kde v kalibračním listu jsou uvedeny odchylky a nejistoty k danému měřídlu.

Pro daný rozsah je uvedena odchylkou nebo polynomickou rovnicí s danými konstantami.

4.3.3.2.2 Termoelektrický snímač teploty

Termoelektrické snímače teploty evidované a sloužící jako etalonové zařízení bývá specifikované podle výše uvedených norem, týkajících se termoelektrických snímačů teploty.

Termoelektrický snímač teploty používaný jako etalon je snímač typu ŠSö,

Aby takové zařízení mohlo sloužit jako etalon, musí být kalibrováno, kde v kalibračním listu jsou uvedeny odchylky a nejistoty k danému měřídlu.

Pro daný rozsah je uvedena odchylkou nebo polynomickou rovnicí s danými konstantami.

4.3.3.2.3 Pímo-ukazující teploměr

Jako etalon v kategorii přímo-ukazujících zařízení může sloužit například digitální teploměr od firmy Greisinger elektronik GMH 3750 se sondou s odporovým snímačem teploty.

Měřicí rozsahy:

- -199,99 °C (-200,0 °C) ÷ 850,0 °C
- rozlišení: 0,01 °C nebo 0,1 °C

- přesnost: $\pm 0,03\text{ }^\circ\text{C}$ při rozlišení $0,01\text{ }^\circ\text{C}$; $\pm 0,1\text{ }^\circ\text{C}$ při rozlišení $0,1\text{ }^\circ\text{C}$ ^[27]

4.3.3.3 Technické parametry číslicových multimetrů

4.3.3.3.1 Číslicový multimetr Transmille 8081

Toto zařízení je adekvátní svou nejistotou pro kalibraci odporových snímačů teploty a zároveň i pro kalibraci termoelektrických snímačů teploty.



[15]

Obrázek 27 Multimetr Transmille.

Přesný digitální multimetr:

- 8 ½ místný, 4 ppm
- statické a stejnosměrné napětí až do 1000 V
- stejnosměrný proud 0,1 pA až 30 A
- statický proud 0,1 nA až 30 A
- měření odporů 0,1 $\mu\Omega$ až 1 T Ω
- měření frekvence 1 Hz až 1 MHz
- měření teploty (PRT / termočlánky)
- měření tlaku
- měření velkých proudů bořím

Stejnoseměrné napětí:

- rozsah : 1 nV až 1050 V

- 8 ½ a 4 ½ místné rozlišení
- maximální citlivost: 1 nV
- obnovovací perioda tení 0,12 s a 8 s
- stabilita 0,9 ppm / 24 hodin
- přesnost 4 ppm za rok

Odpor stejnosměrný:

- 9 rozsah (13) : 10 nA a 1 T
- 8 ½ a 4 ½ místné rozlišení
- 2-vodičové a 4-vodičové zapojení s kompenzací offsetu
- obnovovací perioda tení 0,12 s a 8 s
- stabilita 1 ppm / 24 hodin
- přesnost 8 ppm / rok

Středové napětí:

- 5 rozsah : 0,1 μ V a 1000 V
- 6 ½ a 4 ½ místné rozlišení
- šířka pásma 10 Hz a 100 kHz
- analogový převodník na efektivní hodnotu - RMS convertor
- přesnost 500 ppm / rok

Stejnosemnný proud:

- 11 rozsah : 0,1 pA a 30 A
- 7 ½ a 4 ½ místné rozlišení
- maximální citlivost: 0,1 pA
- obnovovací perioda tení 0,12 s a 2 s
- stabilita 5 ppm / 24 hodin
- přesnost 7 ppm / rok

Středový proud:

- 7 rozsah : 0,1 nA a 30 A
- 6 1/2 a 4 1/2 místné rozlišení
- šířka pásma 10 Hz a 10 kHz
- spojený režim střídavého a stejnosměrného měření (coupled mode)
- stabilita 200 ppm / 24 hodin
- přesnost 300 ppm / rok

Frekvence:

- kmitočet: 1 Hz a 1 MHz
- 7 1/2 a 4 1/2 místné rozlišení
- přesnost 5 ppm

Teplota:

- odporové teploměry a termočlánky
- 6 1/2 a 4 1/2 místné rozlišení
- PRT -200 °C a 660 °C
- 2 a 4 vodičové zapojení
- ITS90 koeficient a linearizace Callender van Dusen
- vestavné měření 2 díly (množství a 10 kanálů)
- režim současně zobrazení teploty a odporu
- měření termočlánky - 8 typů

Tlak:

- vyhrazený interface modulu tlaku
- nejlepší přesnost 0,04%
- rozsah od 25 mbar do 100 bar
- zobrazení přímo v jednotkách tlaku
- ruční tlaková /vakuová/ pumpa (volitelná)

Elektrometr:

- elektrometr jako standard
- programovatelný výstup do 300 V
- proudové rozsahy 10 nA a 100 μ A
- stíněné vstupní/výstupní BNC konektory pro nízký útlum
- extrémně nízká vstupní impedance ^[15]

4.3.3.3.2 Multifunkční kalibrátor Beamex MC 6



[18]

Obrázek 28 Beamex MC 6.

Specifikace multifunkčního kalibrátoru přesnosti při teplotě přesnost měření RTD zařazená od $\pm 0,011$ °C. ^[18]

Typ snímače	Rozsah (°C)	Rozsah (°C)	Přesnost ¹⁾	Nejistota (1 rok) (±) ²⁾
Pt50(385)	-200 ... 850	-200 ... 270 270 ... 850	0,025 °C 0,009% odečtu	0,03 °C 0,012% odečtu
Pt100(375) Pt100(385) Pt100(389 Pt100(391)) Pt100(3926)	-200 ... 850	-200 ... 0 0 ... 850	0,011 °C 0,011 °C + 0,009% odečtu	0,015 °C 0,015 °C + 0,012% odečtu
Pt100(3923)	-200 ... 600	-200 ... 0 0 ... 600	0,011 °C 0,011 °C + 0,009% odečtu	0,015 °C 0,015 °C + 0,012% odečtu
Pt200(385)	-200 ... 850	-200 ... -80 -80 ... 0 0 ... 260 260 ... 850	0,007 °C 0,016 °C 0,016 °C + 0,009% odečtu 0,03 °C + 0,011% odečtu	0,01 °C 0,02 °C 0,02 °C + 0,012% odečtu 0,045 °C + 0,02% odečtu
Pt400(385)	-200 ... 850	-200 ... -100 -100 ... 0 0 ... 850	0,007 °C 0,015 °C 0,026 °C + 0,01% odečtu	0,01 °C 0,02 °C 0,045 °C + 0,019% odečtu
Pt500(385)	-200 ... 850	-200 ... -120 -120 ... -50 -50 ... 0 0 ... 850	0,008 °C 0,013 °C 0,025 °C 0,025 °C + 0,01% odečtu	0,01 °C 0,02 °C 0,045 °C 0,045 °C + 0,019% odečtu
Pt1000(385)	-200 ... 850	-200 ... -150 -150 ... -50 -50 ... 0 0 ... 850	0,007 °C 0,018 °C 0,022 °C 0,022 °C + 0,01% odečtu	0,008 °C 0,03 °C 0,04 °C 0,04 °C + 0,019% odečtu
Ni100(618)	-60 ... 180	-60 ... 0 0 ... 180	0,009 °C 0,009 °C + 0,005% odečtu	0,012 °C 0,012 °C + 0,006% odečtu
Ni120(672)	-80 ... 260	-80 ... 0 0 ... 260	0,009 °C 0,009 °C + 0,005% odečtu	0,012 °C 0,012 °C + 0,006% odečtu
Cu10(427)	-200 ... 260	-200 ... 260	0,012 °C	0,16 °C

[18]

Obrázek 29 Specifikace kalibrátoru Beamex MC 6 - odporové snímače.

Jednotlivé specifikace se liší podle měřené teplotního snímače. A to zda je jedná o měřicí odporových i termoelektrických snímačů.

Typ	Rozsah (°C)	Rozsah (°C)	Přesnost ⁽¹⁾	Nejistota (1 rok) (±) ⁽²⁾	
B ^B	0 ... 1 820	0 ... 200	#	#	
		200 ... 500	1,5 °C	2,0 °C	
		500 ... 800	0,6 °C	0,8 °C	
		800 ... 1 820	0,4 °C	0,5 °C	
R ^B	-50 ... 1 768	-50 ... 0	0,8 °C	1,0 °C	
		0 ... 150	0,6 °C	0,7 °C	
		150 ... 400	0,35 °C	0,45 °C	
		400 ... 1 768	0,3 °C	0,4 °C	
S ^B	-50 ... 1 768	-50 ... 0	0,7 °C	0,9 °C	
		0 ... 100	0,6 °C	0,7 °C	
		100 ... 300	0,4 °C	0,55 °C	
		300 ... 1 768	0,35 °C	0,45 °C	
E ^B	-270 ... 1 000	-270 ... -200	#	#	
		-200 ... 0	0,05 °C + 0,04 % odečtu	0,07 °C + 0,06 % odečtu	
		0 ... 1 000	0,05 °C + 0,003 % odečtu	0,07 °C + 0,005 % odečtu	
J ^B	-210 ... 1 200	-210 ... -200	#	#	
		-200 ... 0	0,06 °C + 0,05 % odečtu	0,08 °C + 0,06 % odečtu	
		0 ... 1 200	0,06 °C + 0,003 % odečtu	0,08 °C + 0,006 % odečtu	
K ^B	-270 ... 1 372	-270 ... -200	#	#	
		-200 ... 0	0,08 °C + 0,07 % odečtu	0,1 °C + 0,1 % odečtu	
		0 ... 1 000	0,08 °C + 0,004 % odečtu	0,1 °C + 0,007 % odečtu	
		1 000 ... 1 372	0,012 % odečtu	0,017 % odečtu	
N ^B	-270 ... 1 300	-270 ... -200	#	#	
		-200 ... -100	0,15 % odečtu	0,2 % odečtu	
		-100 ... 0	0,11 °C + 0,04 % odečtu	0,15 °C + 0,05 % odečtu	
		0 ... 800	0,11 °C	0,15 °C	
800 ... 1 300	0,06 °C + 0,006 % odečtu	0,07 °C + 0,01 % odečtu			
	T ^B	-270 ... 400	-270 ... -200	#	#
			-200 ... 0	0,07 °C + 0,07 % odečtu	0,1 °C + 0,1 % odečtu
0 ... 400			0,07 °C	0,1 °C	
U ^B	-200 ... 600	-200 ... 0	0,07 °C + 0,05 % odečtu	0,1 °C + 0,07 % odečtu	
		0 ... 600	0,07 °C	0,1 °C	
L ^B	-200 ... 900	-200 ... 0	0,06 °C + 0,025 % odečtu	0,08 °C + 0,04 % odečtu	
		0 ... 900	0,06 °C + 0,002 % odečtu	0,08 °C + 0,005 % odečtu	
C ^B	0 ... 2 315	0 ... 1 000	0,22 °C	0,3 °C	
		1 000 ... 2 315	0,018 % odečtu	0,027 % odečtu	
G ^D	0 ... 2 315	0 ... 60	#	#	
		60 ... 200	0,9 °C	1,0 °C	
		200 ... 400	0,4 °C	0,5 °C	
		400 ... 1 500	0,2 °C	0,3 °C	
		1 500 ... 2 315	0,014 % odečtu	0,02 % odečtu	
D ^B	0 ... 2 315	0 ... 140	0,3 °C	0,4 °C	
		140 ... 1 200	0,2 °C	0,3 °C	
		1 200 ... 2 100	0,016 % odečtu	0,024 % odečtu	
		2 100 ... 2 315	0,45 °C	0,65 °C	

[18]

Obrázek 30 Specifikace kalibrátoru Beamex MC 6 - termoelektrické snímá e.

5 POSTUPY KALIBRACE TEPLOT A TLAK

Každý kalibrační postup má jak u teplot, tak u tlak svoje specifikace. Liší se v postupu samotného kalibrování. Innost před samotnou kalibrací a po samotné kalibraci je shodná.

Postup jednotlivých kalibračních inností u jednotlivých obor (teploty, tlaky) a podoborech (teploty ó OT, TCí , tlaky ó deforma ní tlakom r, digitální tlakom rí) se musí pesn ídit podle dokumentu, který se nazývá kalibra ní postup. Na každý podobor je zpracován kalibra ní postup, který spl uje pofadované normy. Tento postup je akreditován.

5.1 Kalibra ní postup

Je to akreditovaný dokument, kterým se ídí pracovníci laborato e a který musí dodrřovat.

Každý jednotlivý podobor oboru má sv j kalibra ní postu. Nap . deforma ní tlakom ry mají sv j kalibra ní postup, který má zkratku nap . . KP 1/P. íslicový tlakom r má zase kalibra ní postup nap . . KP/2P, termoelektrické sníma e teploty mají kalibra ní postup nap . . KP/3T a odporové sníma e teploty mají zase . KP/4T.

V kařdém kalibra ním postupu je specifikace daného postupu, kalibra ní m ící schopnosti, které jsou v souladu s pofadovanými p edpisy EA 4/02 p i k=2.

Dále je uvedena kvalifikace pracovník p řovád jící kalibraci. Pofadavky na pracovníky jsou odkázány na p řírku jakosti.

Následn je názvosloví a definice, které jsou odkázané na související normy a p edpisy daného oboru, kterého se kalibra ní postup týká.

Do KP se uvádí také pot ebné prost edky pro kalibraci (za ízení podle rozsahu).

Poté je uvádí referen ní podmínky p i kalibraci, následuje kalibrace, která se skládá z ástí, jako jsou:

- kontrola kompletnosti stavu m ídla a jeho vn jší prohlídka,
- funk ní zkou-ka m ídla,
- samostatná kalibrace,
- vyhodnocení zkou-ek,

- výpočet nejistot.

Nakonec kalibračního postupu se uvádí příklad výpočtu nejistot měření.

5.2 Postup kalibrace deformací a sílicových tlakoměrů

U deformací a sílicových tlakoměrů je postup kalibrace stejný.

V první řadě se provádí předevzetí měřidla vnitřní kontrola zařízením, jestli není náhodou poškozené. Následuje zaevidování měřidla do databáze. Po kontrole a zaevidování se měřidlo nechává aklimatizovat v klimatizované místnosti několik hodin, aby se ustálila jeho teplota a nedocházelo tak ke zhoršení jeho nejistoty před samotným měřením. Prostedí klimatizované místnosti by mělo být $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ pro tlakoměrnost $(0,1 \pm 0,6)\%$ a $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ pro tlakoměrnost (včetně neví 0,6)% a relativní vlhkost $(50 \pm 30)\%$.

Po několika hodinách se provede funkční zkouška, a jestli měřidlo splňuje veškeré funkční požadavky, tak se přistupuje k samotné kalibraci. Kalibrace se provádí v několika opakováních a to zpravidla ve 3 cyklech, kde se začíná první zatříváním a následně se odlehčuje a tento proces se opakuje. Každá naměřená hodnota se zaznamenává a následně se přechází k vyhodnocování naměřených hodnot, kde se určí nejistoty výpočtem.

Po celkovém vyhodnocení měřidla se vyhotoví kalibrační list, který musí obsahovat veškeré údaje o měřidlu, zákazníkovi a následně i tabulku s vyhodnocovanými údaji. Každé měřidlo po kalibraci musí být označeno kalibračním štítkem.

5.3 Postup kalibrace odporových a termoelektrických snímačů teploty

U odporových a termoelektrických snímačů teploty je postup kalibrace stejný.

V první řadě se provádí předevzetí měřidla vnitřní kontrola zařízením, jestli není náhodou poškozené. Následuje zaevidování měřidla do databáze. Po kontrole a zaevidování se měřidlo nechává aklimatizovat v klimatizované místnosti několik hodin, aby se ustálila jeho teplota a nedocházelo tak ke zhoršení jeho nejistoty před samotným měřením. Teplota okolí, kdy se měřidlo provádí kalibrace, musí být v rozmezí $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Následně se provádí kontrola kompletnosti a stavu měřidla, kde se kontroluje celkový stav a kompletnost odporových a termoelektrických snímačů teploty. Snímače se nekalibrují tehdy, je-li zdeformován působením vnitřních sil, proto se provádí ještě vnitřní prohlídka.

Poté se provádí zkouška izolačního odporu, kde se měří izolační odpor mezi svorkami snímač teploty a elektricky vodivou armaturou nebo plátem. Po kontrole se přechází na vyfihání, které se provádí u nových snímačů, i po jejich opravě atd. se provádí fihání min. po dobu 2 hodin při teplotě t:

$(t_{\max} - 50) \leq t \leq (t_{\max} + 10)$ [°C], kde t_{\max} je max. teplota měřicího rozsahu.

Dále se provádí zkouška stability, zkouška homogenity a zkouška závislosti odporu nebo termoelektrického napětí na teplotě.

Po veškerých krocích, kdy se provádí kalibrace, se veškeré zaznamenané hodnoty vyhodnocují s následným výpočtem nejistoty měření. Zjištěné hodnoty se uvedou do kalibračního listu, který je předán s měřidlem zákazníkovi. Měřidlo je vždy označeno kalibračním štítkem a datem, kdy byla provedena kalibrace. ^{[24] [25]}

6 VYJADŘOVÁNÍ NEJISTOT

6.1 Výpočet nejistoty při kalibraci deformacího tlakoměru

Deformací tlakoměry jsou pro svoji nízkou cenu, jednoduchost a spolehlivost, velice často používány tlakoměry. Tyto tlakoměry jsou v průmyslových aplikacích používány jako orientační, pracovní, ale i jako etalonové tlakoměry mají řadu výhod, díky kterým si nadále drží místo mezi modernějšími typy tlakoměry. Mezi tyto výhody patří jejich jednoduchost, spolehlivost, nezávislost na napájení a tedy i vhodnost použití v prostředí s nebezpečím výbuchu, odolnost vůči elektromagnetickému rušení a také nízká cena.

Nejistota měření je parametr, přidružený k výsledku měření, který charakterizuje rozptýlení hodnot, je-li mohou být odvozeny k měřené veličině.

Standardní nejistota typu A: Při vyhodnocení nejistoty měření se nejprve stanoví standardní nejistoty typu A, zvláště pro zatlačování a odlehování kalibrovaného deformacího tlakoměru. Standardní nejistoty označené u_{Az} a u_{Ao} charakterizují opakovatelnost v jednotlivých tlakových bodech. Jejich číselné hodnoty jsou dány vztahy:

$$u_{Az} = k_{uA} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{zi} - \bar{P}_z)^2}{n(n-1)}}, u_{Ao} = k_{uA} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{oi} - \bar{P}_o)^2}{n(n-1)}}$$

Kde P_{zi}, P_{oi} je hodnota tlaku odečtená na kalibrovaném měřidle při zatlačování (odlehování),

\bar{P}_z, \bar{P}_o je aritmetický průměr hodnot při zatlačování (odlehování),

n je počet měření ($n=3$)

k_{uA} je multiplikační závislý na počtu měření (pro $n=3$ je $k_{uA} = 2,3$)

Standardní nejistota typu B: Při vyhodnocení standardní nejistoty typu B se nejprve určí zdroje nejistot, které ovlivní měření. Při kalibraci deformacího tlakoměru sem patří:

- nejistota etalonového tlakoměru,
- rozličitelnost kalibrovaného deformacího tlakoměru,
- teplotní chyba kalibrovaného deformacího tlakoměru,
- odlehlost referenčních úrovní.

Následně se určí číselné hodnoty jednotlivých zdrojů nejistot, z kterých předpokládáme rovnoměrné rozdělení.

Nejistota daná rozličitelností kalibrovaného deformančního tlakoměru: závisí na velikosti dílku stupnice kalibrovaného deformančního tlakoměru a zkušenosti metrologa provádějícího kalibraci. Tato nejistota se určí dle vztahu:

$$u_d = \frac{d}{r\sqrt{3}}$$

kde d je velikost dílku stupnice kalibrovaného deformančního tlakoměru,

r je počet částí, na kterých se rozdělí dílek stupnice.

Nejistota daná teplotní chybou kalibrovaného deformančního tlakoměru: určí se z teplotní chyby kalibrovaného tlakoměru. Tato chyba je definována vztahem:

$$\delta_t = k_t R (t - t_{ref}),$$

kde k_t je teplotní součinitel kalibrovaného deformančního tlakoměru,

R je maximální rozpětí kalibrovaného deformančního tlakoměru,

t je teplota okolního prostředí při kalibraci,

T_{ref} je referenční teplota (20 °C).

Nejistota daná teplotní chybou kalibrovaného deformančního tlakoměru se určí dle vztahu:

$$u_t = \frac{\delta_t}{\sqrt{3}}.$$

Nejistota daná odlehlostí referenčních úrovní kalibrovaného a etalonového tlakoměru: je nejistota, kterou je třeba započítat v případě, že referenční úroveň kalibrovaného a etalonového měřidla jsou různé. V případě, že se jedná o kalibraci plynných médiem a nejde o absolutní tlak, je možné tuto nejistotu zanedbat. Zohlednit by se měla v případě, že se jedná o kalibraci kapalnými médii. Tato složka nejistoty je dána vztahem:

$$u_h = \frac{h\rho g}{\sqrt{3}},$$

Kde h je odlehlost (rozdíl) referenčních úrovní kalibrovaného a etalonového tlakoměru,

ρ je hustota tlakového média,

g je hodnota místního tíhového zrychlení.

Výsledná standardní nejistota typu B: Po určení všech dílčích nejistot typu B, které budeme uvažovat při kalibraci, se tyto nejistoty sloučí do tzv. výsledné standardní nejistoty typu B. Toto sloučení se provede pomocí Gaussova zákona o šíření nejistot. Výsledná standardní nejistota typu B se tedy určí dle vztahu:

$$u_B = \sqrt{u_{a_1}^2 + u_{a_2}^2 + u_{a_3}^2 + u_{a_4}^2}.$$

Kombinovaná standardní nejistota: Kombinovaná standardní nejistota se určí pro každý kalibrovaný tlakový bod. Tato nejistota vznikne sloučením standardní nejistoty typu A a výsledné standardní nejistoty typu B pro daný tlakový bod:

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}.$$

Rozšířená nejistota měření: Rozšířenou nejistotu měření určíme pro každý tlakový bod dle vztahu:

$$U = k u_C,$$

kde k je koeficient rozšíření. ^[23]

Koeficient rozšíření k odpovídá pravděpodobnosti pokrytí 95%. Pro tento koeficient platí $k=2$ pro počet opakování měření $n \times 10$. V případě počet opakování měření je $n < 10$, určíme koeficientem rozšíření k , dle následující tabulky:

Tabulka 5 Koeficienty rozšíření dle počtu efektivních stupňů volnosti.

ν_{eff}	1	2	3	4	5	6	7	8	10	20	50	∞
k	13,97	4,53	3,31	2,87	2,65	2,52	2,43	2,37	2,28	2,13	2,05	2,00

[23]

Vyhodnocení výsledku kalibrace: Pokud je při kalibraci deformačního tlakoměru splněna ve všech kalibrovaných bodech podmínka

$$|\delta| + U < \delta_{dov},$$

kde δ je hodnota chyby kalibrovaného tlakoměru v daném tlakovém bodě,

U je rozšířená nejistota měření v daném tlakovém bodě ,

δ_{dov} je maximální dovolená chyba kalibrovaného tlakoměru v daném tlakovém bodě .^[23]

6.2 Výpočet nejistoty měření kalibrací sílicového tlakoměru

Sílicové tlakoměry patří mezi elektromechanické tlakoměry, jenž obsahují snímač tlaku, který převádí měřený tlak na analogový elektrický signál. Tento signál je dále pomocí modulu zesílen a úpravou výstupního signálu snímače upraven a hodnota měřeného tlaku je zobrazena na displeji tlakoměru. Používají se jako pracovní i etalonové tlakoměry.

Standardní nejistota typu A: Při vyhodnocení nejistoty měření typu A se postupuje obdobně jako u předchozího případu kalibrace deformáčního tlakoměru. Standardní nejistoty označené u_{Az} a u_{Ao} charakterizují opakovatelnost v jednotlivých měřených tlakových bodech. Jejich číselné hodnoty jsou dány vztahy:

$$u_{Az} = k_{uA} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{zi} - \bar{P}_z)^2}{n(n-1)}}, u_{Ao} = k_{uA} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{oi} - \bar{P}_o)^2}{n(n-1)}}$$

Kde P_{zi}, P_{oi} je hodnota tlaku odečtená na kalibrovaném měřidle při zatížení (odlehování),

\bar{P}_z, \bar{P}_o je aritmetický průměr hodnot při zatížení (odlehování),

n je počet měření ($n=3$)

k_{uA} je multiplikační závislý na počtu měření (pro $n=3$ je $k_{uA} = 2,3$)

Standardní nejistota typu B: tato nejistota je stejná jak u deformáčních tlakoměru .

Nejistota etalonového tlakoměru: nejistota etalonu může být opět uvedena v kalibračním listu pouhitého etalonu, nebo se určí z největší dovolené chyby etalonového tlakoměru v daném tlakovém bodě :

$$u_{et} = \frac{\delta_{et}}{k_{et}}, \text{ nebo } u_{et} = \frac{\delta_{et}}{\sqrt{3}}.$$

Nejistota daná indikací kalibrovaného číslicového tlakom ru: tato nejistota je dána hodnotou posledního platného digitu, zobrazeného na displeji kalibrovaného tlakom ru. V tomto případě se nejistota určuje dle vztahu:

$$u_d = \frac{d}{2\sqrt{3}},$$

kde d je digit indikačního zařízení číslicového tlakom ru. Jeho velikost je dána A/D převodníkem použitým v daném číslicovém tlakom ru.

V některých případech je do této nejistoty započtena i hodnota digitu displeje kalibrovaného tlakom ru v nule (počáteční hodnota). Potom se nejistota určuje dle vztahu:

$$u_d = \frac{d + d_0}{2\sqrt{3}},$$

kde d_0 je digit indikačního zařízení číslicového tlakom ru v nule (počáteční hodnota).^[23]

Nejistota daná teplotní chybou kalibrovaného číslicového tlakom ru: vztáhne se podle vztahu, který je stejný jak u deformačního tlakom ru.

Nejistota daná odlehlostí referenčních úrovní kalibrovaného a etalonového tlakom ru: používá se stejný vztah jak u deformačního tlakom ru.

Stejný vztah je pro číslicový tlakom ru tak i pro výslednou standardní nejistotu typu B, kombinovanou standardní nejistotu, rozdílnou nejistotu měření, tak i vztah pro vyhodnocení výsledku kalibrací jak u deformačních tlakom ru.

6.3 Výpočet nejistoty při kalibraci termoelektrických snímačů teploty

Pro jednotlivé měřené teploty se provede výpočet průměrných hodnot pro jednotlivé zkušební teploty. Vyhodnotí se případně zkouška stability termoelektrického napětí a zkouška homogenity.

Pro termoelektrické snímače teploty se v případě požadavku provede výpočet hodnot termoelektrického napětí na jmenovitou teplotu srovnávacích spojů 20 °C, 50 °C. Měření jsou prováděna s teplotou srovnávacích spojů 0 °C.

$$\delta E_t = (t_x - t_E)k,$$

Kde δE_t - korekce termoelektrického napětí,

t_x - skutečná teplota srovnávacích spoj ,

t_E - jmenovitá teplota srovnávacích spoj ,

k - průměrná citlivost termoelektrického snímače mezi teplotami t_x a t_E dle SN EN 60584-1.

Potom odchylka teploty d_t od požadované teploty t je $d_t = t_E - t$.

Potom termoelektrické napětí U i požadované teploty t zkoušeného snímače je:

$$U = U_x - d_t \cdot k,$$

kde U_x - průměrná hodnota termoelektrického napětí zkoušeného snímače

k - průměrná citlivost termoelektrického snímače při teplotě t dle SN EN 60584-1.

Pro zúžený teplotní rozsah lze použít jako interpolační rovnici polynom 2. a 3. řádu.

$$E = a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2 + a_3 \cdot t^3$$

V tomto případě se nejprve určí konstanty polynomu a potom pro dané teploty t se vypočte termoelektrické napětí zkoušeného snímače. Vyhodnocení zkoušek je prováděno počítačovým programem TERM, který výpočet popisuje a provádí. Z praktického hlediska je vhodné na kalibračním listu uvádět hodnoty dopořítané na celé desítky, případně jednotky. Tento dopočet je možno provést na jak na celé hodnoty etalonu, tak kalibrovaného měřidla.

Při kalibraci termoelektrických snímačů se jedná o porovnávací měření s etalonovým teploměrem.

Stanovení nejistoty měření pro porovnávací měření je možno rozdělit na tři základní části:

- stanovení nejistoty měření teploty v termostatu - peci etalonovým teploměrem (zde se jedná o celý měřící set);
- stanovení nejistoty způsobené vlastnostmi termostatu, pece;
- stanovení nejistoty měření teploty v termostatu - peci zkoušeným snímačem (celý měřící set).

V případě měření teploty se jednoduše při kalibraci používá shodný typ zkoušeného i etalonového měřidla. Vzhledem k širokému rozsahu teplot používání se jako etalony využívají teploměry s termoelektrickým i odporovým snímačem teploty pomocí skleněných teploměry. Obvyklé uspořádání měření je na následujícím obrázku.

Výsledná kombinovaná nejistota měření je obecně dána základním vztahem:

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}.$$

Nejistota typu A: Mírou nejistoty typu A je výběrová směrodatná odchylka výběrového průměru, která se stanoví ze vztahu:

$$U_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

kde

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Aby však tento vztah platil, předpokládá se provedení alespoň 10 měření, ze kterých je pak nejistota typu A vypočtena. Není-li možné dodržet tuto podmínku, je nutno provést doplňkovou korekci, která zohlední malý počet opakování měření.

Nejistota typu A se při měření snímač teploty a teploměru **obvykle nestanovuje**. Je možné na základě zkušeností a z náhodně opakovaných měření stanovit odhad štyrově nejistoty pro jednotlivé zkušenosti teploty a provedení zkušených snímač teploty. Takto stanovená štyrově nejistota zahrnuje ve skutečnosti více vlivů - vliv rozložení teplotního pole termostatu, stabilitu teploty v termostatu, vliv časové stálosti multimetru atd. a je pak uváděna mezi nejistotami typu B.

Nejistota typu B se stanovuje z dílčích nejistot měření, a to:

- u_E nejistota měření teploty v termostatu etalonovým teploměrem;
- u_X nejistota měření teploty v termostatu zkušeným snímačem;
- u_L nejistoty způsobené vlastnostmi termostatu;
- u_{Tx} typová nejistota pro měření daných typ snímač pro danou teplotu (nahrazuje nejistotu typu A).

U jednotlivých měření za řízení podle požadavků EA by se měla sledovat časová závislost jednotlivých měření podle údajů z kalibrací v předchozích letech a na základě toho odhadovat, jaký by mohl být údaj měřidla v době měření. Tyto trendy pak zahrnout do korekce výpočtu, resp. do odhadu nejistoty měření. V případě kalibrace odporových snímačů by se to mohlo týkat:

- etalonového odporového a termoelektrického snímače. Je důležité provést porovnání aktuálních hodnot uvedených na posledním kalibračním listu s údaji předchozích kalibrací. Etalonové snímače teploty jsou stabilní měřidla a rozptyl hodnot v kalibračních listech obvykle nepřekračuje hodnotu nejistoty uvedenou v kalibračním listu. Pokud jsou odchylky větší, bude se jednat nejspíše o nové měřidlo, které se teprve šusazuje nebo nejspíše před poslední kalibrací došlo k neeternému zacházení (např. překročení max. teploty nebo mechanické namáhání, pád atp.) V takových případech je nutno v laboratoři se na takové měřidlo zaměřit a například provádět testy vzájemné porovnání etalonových snímačů. Úvahy o tom, že by byla provedena například korekce na předpokládanou změnu výstupního termoel. napětí odporu na základě změny předchozích kalibrací etalonů, spadá do teoretických úvah;
- číslicového multimetru. Při kalibraci multimetru je provedeno nejdříve měření při předvolném nastavení. Naměřené hodnoty obvykle nepřekračují dovolenou chybu (resp. dovolenou chybu + nejistotu měření). V takovém případě se zpravidla provede seřízení (přeprogramování) tak, aby odchylky byly cca 1/3 dovolených chyb a provede se celá kalibrace multimetru. Tím je pro přesnost a přesnost osmimístné multimetry bezpečně splněna podmínka, aby odchylka a nejistota kalibrace byly menší než dovolená chyba. V případě větších odchylek (obvykle se jedná o závadu), je o tom uživatel měřidla informován a pak je nutno provést nápravná opatření dle SN EN ISO/IEC 17025.

Nejistota měření etalonovým snímačem teploty u_E

Nejistota se skládá z dílčích nejistot, které je možno vypočítat ze sestavy etalonového měřícího zařízení (etalonového snímače teploty).

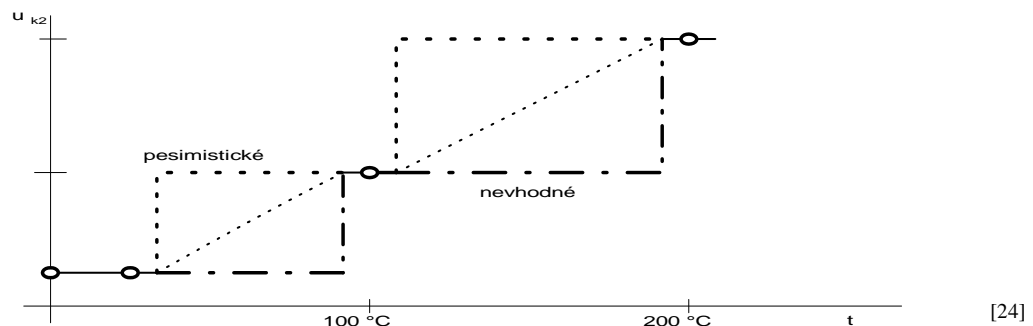
- u_{EKL} - nejistota kalibrace etalonového snímače - etalonový snímač byl kalibrován navázáním na etalon vyříděný a nejistota této kalibrace je uvedena v kalibračním listu. V kalibračním listu je uváděná rozdělená kombinovaná nejistota obvykle s koeficientem

rozízení $k = 2$. Pro další výpočty se uvedená nejistota dle koeficientem rozízení. Nejistoty bývají obvykle uváděny v \sqrt{V} i ohmech. V kalibračním listu jsou uváděny nejistoty pro zkušební teploty p_i i jeho kalibraci. Je tedy otázkou, jakou nejistotu odhadnout pro teplotu, která není uvedena v kalibračním listu, pro etalonové odporové snímače.

V kalibračním listu jsou například uvedeny nejistoty pro teploty $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Pro teploty v okolí zkušebních teplot (do $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$) se použije nejistota pro danou teplotu. Pro teploty mezi uvedenými teplotami je možno odhadnout nejistotu několika způsoby. Například pro teplotu $150\text{ }^{\circ}\text{C}$:

- stanovit nejistotu interpolací (tečkovaná čára v obrázku). Je nutno si uvědomit, že při kalibraci etalonového snímače se na které vlivy projevují od určitých teplot, a ve skutečnosti tedy průběh nejistoty není přímkový (lineární). Je to však asi nejlepší přístup pro etalonové snímače teploty 2. řádu;
- pro nejistotu použít hodnotu, která je uvedena pro vyšší teplotu (čárkovaná čára v obrázku). Pro etalonové snímače teploty 2. řádu bude potom hodnota nejistoty spíše nadhodnocená, kdy bude obsahovat velký podíl škoeficientu strachu. Avšak obdobný přístup se přibližně vyhovává pro etalony primární a prvního řádu;
- pro nejistotu použít hodnotu, která je uvedena pro nižší teplotu (čerchovaná čára v obrázku 31). Stanovená hodnota nejistoty by byla v této podhodnocena. Záleží však na podmínkách kalibrace etalonového snímače. V kalibračním listu je často uvedena hodnota nejistoty i pro teplotu $155,56\text{ }^{\circ}\text{C}$ a hodnota nejistoty je často podobná hodnotě nejistoty pro $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Potom pro teploty od cca $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ do cca $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ bude hodnota nejistoty stejná. [24]



Obrázek 31 Grafické znázornění lineární interpolace hodnot nejistoty měření.

Pro termoelektrické etalonové snímání nejistota kalibrace s teplotou mírně vzrůstá a použije se lineární interpolace hodnot nejistot měření.

- $u_{E, V}$ - nejistota měření termoelektrického napětí číslicovým multimetrem pro etalonový snímač. Číslicový multimetr byl kalibrován a je k němu vystaven kalibrační list. V kalibračním listu jsou uvedeny naměřené hodnoty, resp. odchylky pro jednotlivé zkušební body. Při stanovování nejistoty je nutno zvážit základní aspekty. Údaje u přesného multimetru s vysokým rozlišením (6 a více digitů) v průběhu platnosti kalibrace šplachou v rámci dovolené chyby, a to jak s vlivy teploty v rámci referenčních podmínek ($23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$), tak i v průběhu času. Z technického hlediska je tedy nevhodné (a vlastně nemohlo) provádět korekce na skutečné údaje podle kalibračního listu.

Nejistoty uváděné v kalibračním listu pro jednotlivé zkušební hodnoty nemají význam při kalibraci teplot. V kalibračním listu bývá obvykle také uvedeno šprohlášení o shodě, ře dovolené odchylky odpovídají specifikacím výrobce. Prakticky se tedy počítá s tímto dovolenými odchylkami. Dovolená odchylka se skládá ze dvou částí, a to z měřené hodnoty a z měřicího rozsahu, a to jako prostý součet (ne jako součet druhých mocnin).

Dále je při kalibraci snímače teploty nutno zvážit další aspekt. Snímání teploty se zkouší porovnávací metodou, tedy při vlastním odečtu se na multimetru odečte údaj etalonu a údaj zkoušeného snímače. V případě, že oba jsou stejného typu (např. typ S), je při teplotě cca 1100 °C hodnota obou napětí cca $10,8\text{ mV}$. Pokud by multimetr odečetl hodnotu o $0,10\text{ mV}$ vyšší pro oba snímače, pak by etalonovým snímačem byla stanovena teplota o cca 10 °C vyšší a zkoušený snímač by měl hodnotu vyšší také o cca 10 °C . U multimetru nejde tak úplně o jeho absolutní přesnost, ale více o jeho rozlišení a stabilitu jeho údajů. Vysoké rozlišení nebude mít měřidlo, které nemá svou svou dobrou přesnost a stabilitu.

Jiná situace je v případě, kdy měření je prováděno na jednom rozsahu (např. $1\text{ k}\Omega$) a bude zkoušen snímač typu K etalonovým snímačem typu S. Pak při teplotě 1000 °C budou odečítány hodnoty cca $9,60\text{ mV}$ u etalonového snímače a $41,30\text{ mV}$ pro zkoušené snímače. V takovém případě se u multimetru projeví nelinearita údajů. Je opět reálné předpokládat, že nebude určitě např. pro údaj $9,60\text{ mV}$ maximální záporná chyba a při tom pro napětí $41,30\text{ mV}$ maximální kladná chyba. V obou uvedených případech je možno snížit stanovenou nejistotu z dovolených chyb násobením koeficientem vlivu k_v . Jeho hodnota může být v intervalu od 0 do 1. Jinak se jedná o odhad krátkodobé stability, nelinearity a nejistoty typu A při kalibraci multimetru a v kalibračním listu se uvádí pouze kombinova-

ná nejistota. Při tomto odhadu je možno také vzít v úvahu rozdíly dovolených chyb multimetru pro interval kalibrace 24 hodin a 1 rok, které uvádí výrobce v dokumentaci etalonového multimetru.

Další případ je při měření na různých rozsazích - podle rozsah multimetru, nebo při použití etalonového odporového snímače je nutno volit vyšší hodnotu koeficientu vlivu ($k_v = 0,5$ až 1).

Referenční teplotu okolí ($23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$) není obvykle problém v laboratoři udržovat. U některých multimetrů je pro překročení teploty okolí definována závislost zvýšení dovolených chyb. Je možno stanovit rozdílení (zvýšení) dovolených chyb, a tedy i zvýšené nejistoty měření.

Rozdělení nejistoty je rovnoměrné.

– $u_{E_{VD}}$ - nejistota odečtu měření číslicovým multimetrem pro etalonový snímač. U číslicových měřicích přístrojů je rozlišením šposlední digitě. Hodnotu je možno volit jak ± 1 digit, tak i $\pm 0,5$ digit. V případě čtyř- až šestimístných přístrojů bývá rozlišení nejvýše zdrojem výsledné nejistoty, také tyto přístroje mají obvykle stabilní údaj, který se mění maximálně mezi dvěma po sobě jdoucími čísly. V takovém případě se bude volit hodnota pro stanovení nejistoty $\pm 0,5$ digit. V případě pouštěvaných multimetrů (čestí- až osmimístných) při měření snímače teploty údaj multimetru kolísá daleko více. Pak je vhodné volit pro stanovení nejistoty hodnotu ± 1 digit. I tato zvýšená hodnota neovlivní podstatně výslednou nejistotu, jak je uvedeno v následujícím příkladu. Nejistota se uplatní jak pro etalonový snímač, tak i pro zkoušené snímače.

– u_{ETO} - nejistota teploty srovnávacích konců pro etalonový snímač. Jako termostat srovnávacích konců se používá Dewarova nádoba se směsí ledu a vody. Obvyklá hodnota nejistoty bývá $0,1\text{ °C}$. U termostatu je nutno použít minimální množství vody, aby se voda od vypárala. Jinak by mohla vzniknout hrubá chyba měření. Jinak při měření snímače typu S etalonovým snímačem také typu S není skutečná teplota termostatu srovnávacích konců kritická. Podobně jako multimetru záleží především na stabilitě teploty po dobu měření. Tedy jako u multimetru je možno pro termostat srovnávacích konců použít škoeficient vlivu nahrazující korelaci vlivu teploty srovnávacích konců pro etalonový a měřený termoelektrický snímač. Při etalonovém odporovém snímači není možno použít. Rozdělení nejistoty je rovnoměrné.

- u_{Eved} - vliv spojovacího vedení. Pro etalonový termoelektrický snímač se obvykle nepoužívá kompenzace vedení. Při použití etalonového odporového snímače je tento propojen s multimetrem čtyřvodičovým a odpor spojovacího vedení (příběžných délkách vedení) nemá vliv na měřené hodnoty odporu. Při měření je však nutno zamezit vzniku indukovaných parazitních signálů do kabelů. Jednak musí být laboratorně vhodně umístěn na bezvibraciové rušení a také minimalizováno rušení ve vlastní laboratoři. Používané pece a kapalinové termostaty mají poměrně velký příkon. Spínání topení elektronickou regulací triakovými spínači musí být v šňůře. Dále je nutno oddělit silnoproudou část laboratoře od signálních vodičů vhodným umístěním a poskytnutím.
- u_{EP} - nejistota způsobená nepřesnostmi měřicích míst. Při použití nepřesností měřicích míst se jedná pouze o parazitní termoelektrické napětí. V technické dokumentaci je obvykle uvedena hodnota parazitního termoelektrického napětí do $\pm 1 \mu V$. pro etalonový odporový snímač ve čtyřvodičovém zapojení se jedná také o parazitní termoelektrické napětí. Potom při měření hodnoty odporu cca 100Ω při měřicím proudu 1 mA hodnota parazitního termoelektrického napětí odpovídá hodnotě $1 m\Omega$. Rozdělení nejistoty je rovnoměrné. I když je použito pro etalonový a zkoušený snímač stejný nepřesnost, nejistota se uplatní v celé výšce jak pro etalonový, tak i pro zkoušený snímač. Při použití přístrojových svorek pro propojování je důležité zajistit jejich stejnou teplotu, čistotu dotykových ploch a používat shodné materiály pro propojování (ze stejné výrobní řady). Rozdělení nejistoty je rovnoměrné.
- u_{EI} - vliv měřicího proudu na etalonový odporový snímač. Etalonový snímač byl kalibrován při proudu 1,00 mA a při tomto proudu jsou prováděna měření. Vliv je již zahrnut v hodnotě nejistoty etalonového snímače. Vliv je tedy zbytečně uvažovat. Tento vliv má význam pro etalonové snímače primární a podle 1. řádu.
- u_{EP} - nejistota způsobená ponořením v termostatu pro etalonový snímač. Při nedostatečném ponoření snímače v peci a termostatu je vlastní odpor snímače ovlivněn odvodem tepla ochranným pouzdem snímače. V případě etalonového snímače by tento indikoval nižší teplotu lázně. Odvod tepla je vlastně nevyhnutelný a je nezbytně nutné zajistit, aby vliv byl zanedbatelný. V případě odporových snímačů v kapalinových termostatech nejméně takový ponor, aby se údaj snímače při zvýšení ponoru neměnil, resp. aby změna byla menší než 1/5 až 1/10 požadované nejistoty. Pro etalonové odporové snímače v kapalinových termostatech je obvykle dostatečná hodnota ponoru 200 mm. Z tohoto dů-

vodu je také pořádkována minimální hloubka pracovního prostoru termostatu 200 mm. Hloubka ponoru je závislá na mnoha faktorech. V případě termostatu s kapalinovou náplní, kdy snímače jsou ponořeny bez svých ochranných jímek, působí na pouzdro snímače po celé délce ponoru přibližně konstantní teplota. Pokud je nutno použít uspořádání, při kterém je snímač zasunut do jímk, vzniknou zde další dvě vrstvy pro vstup tepla (vlastní jímka a vzduchová mezera) a tím se potřebná hloubka ponoru zvýší. Je nutno provést všechna opatření, aby tento vliv byl zanedbatelný.

- u_{ETK} - nejistota způsobená časovou konstantou pro etalonový snímač. Každý snímač teploty má při skokové změně teploty zpožděnou odezvu výstupního signálu. Udávají se hodnoty času teplotní odezvy pro dosažení 50 % nebo 90 % konečné hodnoty při skokové změně teploty. V případě kalibrace se postupem měření zajišťuje vyloučení tohoto vlivu. Pro stanovení nejistot kalibrace se vliv neuvažuje. Měření se provádí až po ustálení na dané zkušební teplotě. Teplota v peci - termostatu již jen kolísá v rámci ustáleného stavu regulátoru. Údaj snímače kolísá vlivem časové konstanty se zpožděním a tím se snižuje rozkmit údaje snímače - vlastně se integruje vliv kolísání. Dalšími opatřeními je provádění odečtu snímače. Odečítání má být rovnoměrné a poměrně pomalé, aby pokrývalo nejméně v třetí část cyklu kolísání teploty (ještě lépe několik cyklů). Tento vliv je pak také zahrnut ve vlivu kolísání teploty termostatu. Rozdělení nejistoty je rovnoměrné.

Nejistota měření pro zkoušené snímače u_x

Obdobně jako u etalonového snímače se pro zkoušené snímače nejistota skládá z:

- $u_{x_{\text{ved}}}$ - vliv spojovacího vedení. Měřené snímače se v tísňu připojují pomocí prodlužovacího (kompenzačního) vedení do termostatu srovnávacích konců. Použití kompenzačního (prodlužovacího) vedení musí mít obdobné termoelektrické vlastnosti jako měřený snímač pro teploty v 0 °C při teplotě připojovacích soket (v laboratoři cca 25 °C). Základní požadavek tedy je, aby používané vedení splňovalo požadavky normy - tedy vyhovovalo dovoleným odchylkám dle SN 25 8331-3. Také je nutno dát pozor na možnost vzniku přechodových odporů při připojení - zoxidovaný povrch vodiče, nedostatečné dotažení šroubků svorkovnic atd. Tím může vzniknout hrubá, těžko identifikovatelná chyba, která výrazně ovlivní výsledky měření. Jinak je také nutné zamezit vzniku indukovaní parazitních signálů do vodiče. Rozdělení nejistoty je rovnoměrné.

- u_{XV} - nejistota měření napětí číslicovým multimetrem pro zkoušený snímač (viz etalonový snímač).
- u_{XVD} - nejistota odečtu měření číslicovým multimetrem pro zkoušený snímač (viz etalonový snímač).
- u_{XTO} - nejistota teploty srovnávacích konců pro měřený snímač (viz etalonový snímač).
- u_{XP} - nejistota způsobená nepřesností měření v různých místech (viz etalonový snímač).
- u_{XP} - nejistota způsobená ponořením v peci - termostatu pro zkoušený snímač. Platí zde obdobné principy jako pro etalonový snímač.

Zkoušené snímače mají různé zorné provedení a odvod tepla může způsobit určitou identifikovatelnou chybu. V každém případě je nutno v laboratorii vyzkoušet, zda hloubka ponoření pro dané typy v dané laboratorii neovlivňuje výsledek z měření.

- u_{XTK} - nejistota způsobená časovou konstantou pro zkoušený snímač (viz etalonový snímač).

Vlivy nejistoty měření způsobené pecí i kapalinovým termostatem u_L

V případě pouhnutí vzduchových pecí, se měření s etalonovým snímačem svazují k sobě tak, aby měřicí spoje byly co nejblíže u sebe. Do kalibrační pece se pak umístí tak, aby byly ve středě pece. Vstupní otvor pece se izolovává izolační vatou pro minimalizování odvodu tepla. Pouhřívávané kapalinové termostaty mají intenzivní promíchávání náplně. Měřené snímače je proto potřeba umístit do jímek, které musí být těsné a mít souasně dostatečný ponoř pro minimalizování odvodu tepla. Pro regulaci teploty jsou pouhřívány elektronické regulátory s nastavitelnými konstantami regulace PID. Základní parametry pro stanovování nejistoty měření je stabilita nastavené teploty a případně rozložení teploty v peci - termostatu v jeho pracovním prostoru.

- u_{LP} - nejistota kalibrace z rozložení teplotního pole. Teplotní pole jsou asně ale také kolísá vlivem regulace. Rozdělení nejistoty je rovnoměrné.
- u_{LS} - nejistota kalibrace z kolísání teploty termostatu. Při vlastním měření je prováděno odečet hodnot v pořadí:

etalon, $X_1, X_2, \dots, X_n, X_{n+1}, \dots, X_2, X_1$, etalon

Přítomnost v tomto způsobu měření se po vypočetní průměrných hodnot minimalizuje vliv plynulého nárůstu (poklesu) teploty. Ve skutečnosti tento cyklus měření se provádí několikrát a vliv kolísání teploty se tedy po vypočetní průměrných hodnot minimalizuje. V takovém případě vliv kolísání teploty při výpočtu nejistot zanedbáváme. Částečně tento vliv zůstává v typové nejistotě uvedené dále a v nejistotě vlivem rozložení teplotního pole.

Typová nejistota měření u_{Tx}

Přiblížením rutinním měření není výhodné používat při výpočtu nejistot nejistotu typu A. Je výhodné ji nahradit typovou nejistotou. Hodnota této nejistoty se stanovuje z mnoha rozdílů opakovaného měření snímače. Je možno ji stanovit jako směrodatnou odchylku, nebo na základě maximálních možných rozdílů měření. Zahrnuje vlastně více vlivů, a to především:

- nejistotu typu A jak pro etalonový, tak i pro zkoušený snímač;
- vliv teplotního pole;
- vliv stability teploty v peci - termostatu;
- vlivy rozdílů kalibrace etalonových snímačů (jsou-li používány i rozdílné etalonové snímače);
- vlivy nehomogenity měřených snímačů
- vlivy rozdílných podmínek okolního prostředí o teploty.

Protože je údaj stanoven z min. - max. hodnot, jedná se o rozdělení rovnoměrné.

Vlivy nejistoty měření způsobené matematickými operacemi - to je další možný zdroj nejistoty. Při současném výpočtní technice je možno při kalibraci odporových snímačů tyto vlivy zanedbat. ^[24]

Tabulka 6 Příklad výpočtu nejistot pro termoelektrické snímače teploty.

TEPLOTA [°C]	typ E	nejistota [°C]						U _{k2}
		U _{EKL}	U _{E v}	U _{x v}	U _{T0 E-X}	U _L	U _{Tx}	
tepl. 0		0,01	0,003	0,03	0,05	0,05	0,05	0,11
do 100	OT	0,03	0,006	0,03	0,05	0,05	0,05	0,11
do 200	OT	0,08	0,008	0,03	0,05	0,05	0,10	0,17
do 250	OT	0,08	0,006	0,04	0,05	0,05	0,10	0,17
do 600	OT	0,08	0,006	0,05	0,05	0,10	0,20	0,28
400-700	TC	1,00	0,05	0,05	0,05	0,50	0,30	1,21
700-1100	TC	1,20	0,06	0,06	0,05	0,50	0,30	1,38

[24]

6.4 Výpočet nejistoty při kalibraci odporových snímačů teploty

Provede se výpočet průměrných hodnot pro jednotlivé zkoušené teploty zkoušeného odporového snímače teploty. Vyhodnotí se případně zkouška stability snímače.

Potom odchylka teploty d_t od požadované teploty t je: $d_t = t_E - t$.

Potom odpor snímače při požadované teplotě je:

$$R = R_x - d_t \times k,$$

kde R_x - průměrná hodnota odporu zkoušeného snímače

k - průměrná citlivost odporového snímače při teplotě t dle SN IEC 751.

Pro vyhodnocení lze použít interpolační rovnici - polynom 2. řádu.

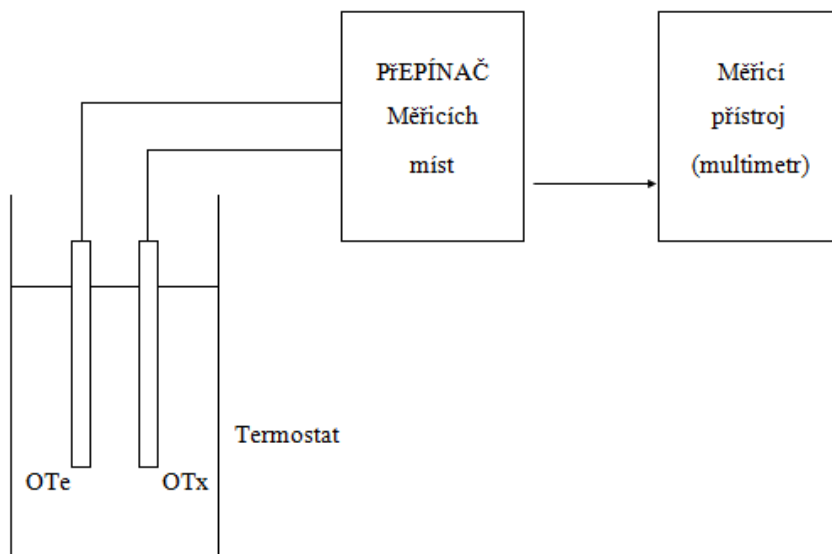
$$R = R_0 (1 + a \cdot t + b \cdot t^2)$$

V tomto případě se nejprve určí konstanty polynomu a potom pro dané teploty t se vypočte hodnota odporu zkoušeného snímače. Při měření (kalibraci, ověření) odporových snímačů se kromě měření pomocí pevných bodů vždy jedná o porovnávací měření s etalonovým teploměrem (snímačem teploty).

Stanovení nejistoty měření pro porovnávací měření je možno rozdělit na tři základní části:

- stanovení nejistoty měření teploty v termostatu etalonovým teploměrem (zde se jedná o celý měřicí etalon);
- stanovení nejistoty způsobené vlastnostmi termostatu;
- stanovení nejistoty měření teploty v termostatu zkoušeným snímačem (celý měřicí etalon).

V případě měření teploty se podobně při kalibraci používá shodný typ zkoušeného i etalonového měřidla. Při měření odporových snímačů pro měření tepla se obvykle používají etalonové odporové snímače. Jednak je to dáno požadovanou nejistotou měření a také využitím jediného vyhodnocovacího přístroje pro etalonový snímač, tak i pro zkoušené snímače. ^[25]



[25]

Obrázek 32 Blokové schéma zapojení kalibrace odporového snímače teploty.

Vztah pro nejistotu typu A je stejný jako u termoelektrických snímačů teploty a taktéž i vztah pro nejistotu typu B je stejný jak u termoelektrických snímačů teploty, akorát se trošičku liší typová nejistota měření u_{Tx} .

Při běžném rutinním měření není vhodné používat při výpočtu nejistot nejistotu typu A. Je výhodné ji nahradit typovou nejistotou. Hodnota této nejistoty se stanovuje z mnoha rozdílů opakovaného měření snímače. Je možno ji stanovit jako směrodatnou odchylku, nebo na základě maximálních běžných rozdílů měření. Zahrnuje vlastně více vlivů, a to především:

- nejistotu typu A jak pro etalonový, tak i pro zkoušený snímač;
- rozložení teplotního pole (při opakování jsou snímače umístovány do jiných míst pracovního pole termostatu);
- vliv stability teploty v termostatu;
- vlivy rozdílů kalibrace etalonových snímačů (jsou-li používány i rozdílné etalonové odporové snímače);
- vlivy rozdílných podmínek okolního prostředí o teploty.

Při kvalitních termostatech a kvalitních zkoušených snímačích je možno dosáhnout při měřeních do teplot 200 °C rozdíly mezi opakovanými měřeními do 0,005 Ω, tedy ± 0,002 5 Ω. Protože je údaj stanoven z min. - max. hodnot, jedná se o rozdíl rovnoměrný.

Vlivy nejistoty měření způsobené matematickými operacemi - to je další možný zdroj nejistoty. Při současně výpočetní technice je možno při kalibraci odporových snímačů tyto vlivy zanedbat.^[25]

7 PLÁNY AUTOMATIZACE KALIBRACE TEPLOT A TLAK V BUDOUCNU

Zavedení kalibrace v automatizovaném režimu se eliminují hlavní nejistoty způsobené vlivem lidského faktoru.

V oboru tlak je možnost využití plně automatizovaného kalibrátoru tlaku s vestavným tlakovým generátorem/regulátorem jak na vysoký tlak, tak i na nízký tlak. Takový kalibrátor funguje tak, že se v něm nadefinují parametry kalibrovaného tlakoměru a následnou kalibraci jím provádí sám bez zásahu lidského faktoru.

Přesnost takového zařízení je 0.02%FS/ 0.05%FS typicky přesnosti. Má duální tlakový modul, který slouží k diferenčnímu tlaku. Má vestavný filtr a kapalný filtr s odvětrávacím systémem zabráněním kontaminaci kalibrátoru. Také kalibrátory vyrábí firma Additel. [26]



[26]

Obrázek 33 Tlakový kalibrátor firmy Additel.

V oboru teplot funguje princip automatizace v programu, který má softwaru, který dokáže komunikovat například se stolními blokovými píčkami. V programu se nadefinují pořadované teplotní hodnoty, na kterých chceme kalibrovat měřicí přístroje a takový program si sám vyhodnocuje homogenitu teplotních píček a také i stabilitu etalonu, kterým se řídí. Po změně hodnoty teplotní hodnoty odečte a uloží, následně zvýší hodnotu na další pořadovanou teplotu. Daný proces se opakuje až do ukončení změny posledního definovaného teplotního bodu. Po celkové kalibraci a sběru hodnot dokáže vyhodnotit změněné hodnoty a tyto zanesť do kalibračního listu včetně všech pořadovaných výpočetných nejistot. Je spousta firem, které nabízejí takové programy. Například firma TH&L Systems, Fluke.

ZÁV R

Ve své práci objas ují n které základní pojmy metrologie a návaznosti na mezinárodní standardy. U oboru teplot a tlak a jejich využití v bezpečnostních a polymerních technologiích a následné kalibrace těchto veličin.

Dále v mé práci představuji náročnost na technické vybavení akreditované kalibrační laboratoře, samotné kalibrace, následné zpracování a vyhodnocení výsledku s rozбором nejistot měření.

Hlavním cílem této práce je zkvalitování celého procesu od vývoje až po výrobu a poskytování služeb v přímém komerčním bezpečnostním a polymerních technologiích.

Důležitým úkolem je spokojenost potřeb zákazníka a to díky splnění jejich požadavků v rámci přesnosti a nejistoty měření. Na základě spokojenosti se bude zákazník neustále vracet a podávat o firmě pozitivní reference. Díky nim se organizace dostane do podvědomí zákazníků v širším okruhu a dostává náskok a prestiž před konkurencí, tedy lepším postavením na trhu a vyšší produktivitou.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Česká republika. Zákon č. 505/1990: Zákon o metrologii. In: Sbírka zákonů č. 16. listopadu 1990.
- [2] TPM 0051 - 93. Technický předpis metrologie: Stanovení neistot při měřeních. Bratislava: Slovenský metrologický ústav, oddelenie normalizácie, 1993.
- [3] Dokumenty EA - Evropská spolupráce pro akreditaci. Číslo publikace: EA 4/02: Vyjádření neistot měření při kalibracích. Praha: Český institut pro akreditaci, o.p.s., leden 2001.
- [4] Kalibrace a měření teploty a vlhkosti: Sborník přednášek přednesených na semináři. Brno: České kalibrační sdružení, 2013.
- [5] *Sborníky technické harmonizace: Metrologie v kostce*. Těti upravené a doplněné vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ), 2009.
- [6] *Sborníky technické harmonizace: TERMINOLOGIE Z OBLASTI METROLOGIE*. (2. vydání). Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ), 2010.
- [7] RNDR. KLENOVSKÝ, Pavel. *Kurz "nejistoty měření"*. Brno: Český metrologický institut, úsek generálního editore, 2011.
- [8] Problematika primárních etalonů velmi nízkých tlaků plynu. Část II.: Pohled princip etalonů vakua pod hranicí 1 Pa. *Metrologie: vědecká legální praktická*. 2012, ročník 21, 1/2012, s. 1-3. Dostupné z: <http://www.unmz.cz/files/metrologie/casopis/pln%C3%A9%20verze%20%C4%8D%C3%ADsel/Metrologie%201-2012%20-%20WWW.pdf>
- [9] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, metrologii a státní zkušebnictví. *Metodické pokyny pro metrologii (MPM 1 - 96): Schéma návaznosti měření, zásady tvorby*. Praha, 31.7.1996, 12 s.
- [10] JABLOTRON CREATING ALARMS: Detektory. [online]. [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: <https://www.jablotron.com/cz/katalog-produktu/alarmy/ja-100-bezdrat/detektory/>
- [11] EURAMET/cg-17 (EA - 10/17). *Dokument pro kalibraci elektromechanických tlaků*. Praha: Český institut pro akreditaci, o.p.s., 2004.
- [12] ČSN EN 837 - 1. *Měření tlaku - část 1: Tlakoměry s průhlednou trubicí - Rozměry, metrologie, požadavky a zkoušení*. Praha: Český normalizační institut, 1998.

- [13] SN EN 837 - 3. *Metoda tlaku - část 3: Membránové a krabicové tlakoměry - Rozměry, metrologie, požadavky a zkoušení*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [14] *Metrologie, teplota, typy teploměry*. Brno, 2009.
- [15] Multimetr Transmille 8081. *TH&L Systems calibration solution* [online]. 2014 [cit. 2014-05-30]. Dostupné z: <http://www.thlsystems.cz/katalog/multimetr-transmille-8081-p-309.html>
- [16] Isotech Medusa 511. *TH&L Systems calibration solution* [online]. 2014 [cit. 2014-05-30]. Dostupné z: <http://www.thlsystems.cz/katalog/isotech-medusa-511-p-41.html>
- [17] TZF 12/75/700: 3 zónová trubková pec s drátovým vinutím. *TH&L Systems calibration solution* [online]. 2014 [cit. 2014-05-30]. Dostupné z: <http://www.thlsystems.cz/katalog/tzf-1275700-p-87.html>
- [18] Beamex® MC6 - nový přesný standard mezi kalibrátory. *D-Ex Instruments* [online]. 2014 [cit. 2014-05-30]. Dostupné z: http://www.dex.cz/produkty/kalibratory_beamex/kalibrator_mc6.html
- [19] Vstřikovací stroje: Individuální přístup k nejvyšší produktivitě. *Arburg* [online]. 2013 [cit. 2014-06-02]. Dostupné z: <http://www.arburg.com/cs/cz/spektrum-sluzeb/vstrikovani/vstrikovaci-stroje/>
- [20] C3631 Teploměr vlhkosti. *Comet* [online]. 2009 [cit. 2014-06-02]. Dostupné z: <http://www.cometsystem.cz/produkty/prenosne-pristroje/c3631-teplomer-vlhkomer/reg-C3631>
- [21] *PŘÍRUČKA KVALITY: kalibrační laboratoře*. 2222. 3. vydání. Uherské Hradiště, 2002.
- [22] DH Budenberg 580HX Deadweight Tester. *Adastra hire services* [online]. 2014 [cit. 2014-06-02]. Dostupné z: http://adastrahire.co.uk/dh_budenberg/580hx
- [23] *Nejistoty měření v kalibracích*. Česká kalibrační sdružení. Brno, 2008.
- [24] *Kalibrační postupy. KP 1/T: Termoelektrický snímač teploty*. Brno, 2011.
- [25] *Kalibrační postupy. KP 2/T: Odporový snímač teploty*. Brno, 2011.
- [26] Additel 761-LLP/D: Automated Pressure Calibrator. *Additel: Pressure Calibration Equipment* [online]. [cit. 2014-06-02]. Dostupné z: <http://www.additel.com/products/Portable-Automated-Pressure-Calibrator/20.html>

- [27] GMH 3750 / SET1. *GHM - GREISINGER* [online]. 1996-2014 [cit. 2014-06-02]. Dostupné z: [http://www.greisinger.cz/\(S\(3ufvavq3vmk5qz454jpciea5\)\)/Default3.aspx?ln=cs&guid=de4d6323-2b29-4225-bb5f-9247851710f9&id=299&l=2&stm=](http://www.greisinger.cz/(S(3ufvavq3vmk5qz454jpciea5))/Default3.aspx?ln=cs&guid=de4d6323-2b29-4225-bb5f-9247851710f9&id=299&l=2&stm=)
- [28] *ILAC: International Laboratory Accreditation Cooperation* [online]. 2014 [cit. 2014-06-03]. Dostupné z: <https://www.ilac.org/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CIPM	Comité International des Poids et Mesures.
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation.
BIPM	International Bureau of Weights and Measures.
EURAMET	European Collaboration in Measurement Standards.
MPM	Metodické pokyny pro metrologii.
SNM	Schéma návaznosti měřídel.
PPT	Parts per milion
FS	Full save
OT	Odporový teploměr
TC	Termoelektrický teploměr
AKL	Akreditovaná kalibrační laboratoř

SEZNAM OBRÁZK

Obrázek 1 Obory, díl í obory a d lefité etalony.	14
Obrázek 2 et zec metrologické návaznosti.	15
Obrázek 3 Subjekty p sobící v národním metrologickém systému R.....	17
Obrázek 4 Grafické znázorn ní výsledk kalibrace.....	18
Obrázek 5 Polymerní granulát v zásobníku vst íkovacího lisu.	22
Obrázek 6 Vst íkovací lis zna ky Arburg.	23
Obrázek 7 Znázorn ní deforma ního tlakom ru na vst íkovacím lisu.	24
Obrázek 8 Kalibrace sníma teplot ze vst íkovacího lisu.	24
Obrázek 9 Kombinovaný detektor kou e s teplotním sníma em.	25
Obrázek 10 Bezdrátový detektor teploty.	26
Obrázek 11 Záznamové za ízení Comet D 3631.	29
Obrázek 12 P íklad pracovi-t pro kalibraci tlakom r	31
Obrázek 13 P íklad pracovi-t pro kalibraci teplot.....	31
Obrázek 14 Schéma digitální tlakom ru.	34
Obrázek 15 Pístový tlakom r DH-Budenberg - 580 HX.....	35
Obrázek 16 Multifunk ní kalibrátor Beamex MC 6.	36
Obrázek 17 Vzduchová pumpa.	36
Obrázek 18 Vakuová pumpa.....	37
Obrázek 19 Externí modul EXT 1000.....	37
Obrázek 20 Vysokotlaká hydraulická pumpa.	37
Obrázek 21 Specifikace multifunk ního kalibrátoru Beamex MC 6 ó tlak.	38
Obrázek 22 Elektrické zapojení odporových sníma teploty.	40
Obrázek 23 Vlastní idlo termoelektrického lánku.....	42
Obrázek 24 Isotech 580 Oceanus - 6.....	44
Obrázek 25 Isotech Medusa 511.	46
Obrázek 26 Teplotní pec Carbolite TZF 12/75/700.....	47
Obrázek 27 Multimetr Transmille.....	49
Obrázek 28 Beamex MC 6.....	52
Obrázek 29 Specifikace kalibrátoru Beamex MC 6 - odporové níma e.	53
Obrázek 30 Specifikace kalibrátoru Beamex MC 6 - termoelektrické sníma e.....	54
Obrázek 31 Grafické znázorn ní lineární interpolace hodnot nejistot m ení.	66
Obrázek 32 Blokové schéma zapojení kalibrace odporového sníma e teploty.....	74

Obrázek 33 Tlakový kalibrátor firmy Additel. 76

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Technické parametry záznamového zařízení Comet D 3631.....	30
Tabulka 2 Druhy značení pružinových tlakoměrů.....	33
Tabulka 3 Největší dovolené chyby.....	33
Tabulka 4 Základní typy termoelektrických článků dle SN EN 65084-1.....	42
Tabulka 5 Koeficienty rozílení dle počtu efektivních stupňů volnosti.....	60
Tabulka 6 Příklad výpočtu nejistot pro termoelektrické snímače teploty.....	72

SEZNAM P ÍLOH

P íloha P I	Demonstrativní ukázka kalibrace íslicového, deforma ního tlakom ru a kalibrace teplot
P íloha P II	Osv d ení o zp sobilosti kalibrace
P íloha P III	Seznam ílenských stát ILAC

P ÍLOHA P I: DEMONSTRATIVNÍ UKÁZKA KALIBRACE ÍSLICOVÉHO, DEFORMA NÍHO TLAKOM RU A TEPLIT

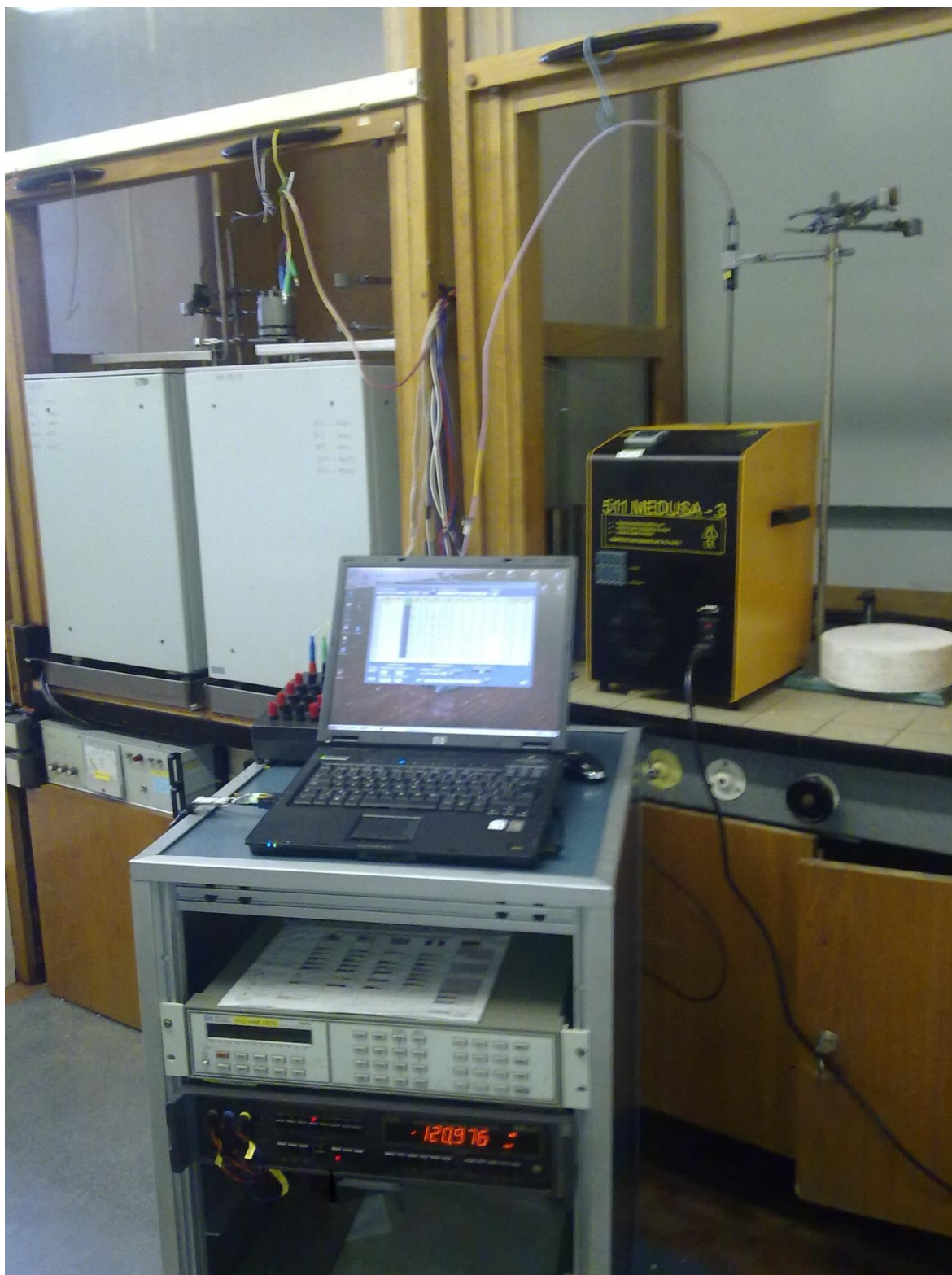
Demonstrativní ukázka kalibrace íslicového tlakom ru:




Demonstrativní ukázka kalibrace deforma ního tlakom ru:



Demonstrativní ukázka kalibrace odporových a termoelektrických snímačů teploty:



Záznam o měření číselnicového tlakoměru dle kalibračního postupu KP 3/P

Hodnota tlaku kalibrovaného měřidla																
Přet bar	1. cyklus		2. cyklus		3. cyklus		průměr		průměr		chyba		hystereze			
	zateřování bar	odlehčování bar	zateřování bar	odlehčování bar	zateřování bar	odlehčování bar	zateřování bar	odlehčování bar	zateřování bar	odlehčování bar	zateřování bar	odlehčování bar	zateřování bar	odlehčování bar		
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
100,000	100,000	100,000	100,100	100,100	100,000	100,100	100,100	100,100	100,100	100,000	0,100	0,000	0,017	0,017		
200,000	200,100	200,200	200,100	200,100	200,100	200,200	200,200	200,167	200,167	0,100	0,167	0,017	0,028	0,011		
300,000	300,200	300,200	300,200	300,200	300,200	300,200	300,200	300,200	300,200	0,200	0,200	0,033	0,033	0,000		
350,000	350,200	350,200	350,300	350,300	350,200	350,200	350,200	350,233	350,233	0,200	0,233	0,033	0,039	0,006		
400,000	400,300	400,300	400,200	400,300	400,300	400,300	400,300	400,267	400,300	0,267	0,300	0,044	0,050	0,006		
450,000	450,200	450,300	450,200	450,300	450,300	450,300	450,267	450,267	450,267	0,267	0,267	0,044	0,044	0,000		
500,000	500,300	500,300	500,300	500,300	500,300	500,300	500,300	500,300	500,300	0,300	0,300	0,050	0,050	0,000		
550,000	550,300	550,400	550,300	550,300	550,300	550,400	550,300	550,367	550,367	0,300	0,367	0,050	0,061	0,011		
600,000	600,300	600,400	600,300	600,300	600,300	600,400	600,300	600,367	600,367	0,333	0,367	0,056	0,061	0,006		
UA		U k=2		U k=2		U k=2		čerpání chyby v %		čerpání chyby +		Vyhodnocení				
zateřování bar	odlehčování bar	zateřování bar	odlehčování bar	zateřování bar	odlehčování bar	zateřování bar	odlehčování bar	zateřování bar	odlehčování bar	zateřování bar	odlehčování bar	zateřování bar	odlehčování bar	zateřování bar	odlehčování bar	
0,000	0,000	0,2831	0,2831	0,047	0,047	0,047	0,047	0	0	9	9	9	9	9	9	
0,000	0,000	0,2875	0,2875	0,048	0,048	0,048	0,048	0	0	3	10	13	13	13	13	
0,000	0,075	0,3002	0,3002	0,050	0,050	0,056	0,056	3	6	6	13	17	17	17	17	
0,000	0,000	0,3204	0,3204	0,053	0,053	0,053	0,053	7	7	7	17	17	17	17	17	
0,000	0,075	0,3328	0,3328	0,055	0,055	0,061	0,061	7	8	18	18	20	20	20	20	
0,075	0,000	0,3777	0,3777	0,063	0,063	0,058	0,058	9	10	21	21	22	22	22	22	
0,075	0,075	0,3915	0,3915	0,065	0,065	0,065	0,065	9	9	22	22	22	22	22	22	
0,000	0,000	0,3777	0,3778	0,063	0,063	0,063	0,063	10	10	23	23	23	23	23	23	
0,000	0,075	0,3947	0,4224	0,066	0,066	0,070	0,070	10	12	23	23	26	26	26	26	
0,075	0,075	0,4389	0,4390	0,073	0,073	0,073	0,073	11	12	26	26	27	27	27	27	
Dělení st.:	0,1 bar						Zákazník:		TM Technik s.r.o.							
Rozlišení:	0,1 bar								Dornych 54/47, 617 00 Brno CZ							
Médium:	olej						Uživatel:		Moravia – Apex, spol. s r.o.							
Měřicí rozsah:	(0 až 600) bar, BAROLI								Hlavní 104, 664 31 Lelekovice u Brna							
Výrobní č.:	1093632, ev. č. MD29.V.C. 1093632															
Výrobce:	BD SENSORS, JSP s.r.o.															
Etalon:	typ 380 D															
Kalibrováno:	28.1.2014															
Teplota / vlhkost:	20,1°C / 42,4% r.v.															
Kalibroval:	Karolína Plíšková						Podpis:									



KALIBRAČNÍ LIST Č.8797.2-14-P

vydaný Kalibrační laboratoří Institutu pro testování a certifikaci, a.s., divize 4 Elektro, Sokolovská 573, 686 01 Uherské Hradiště, která byla akreditovaná Českým institutem pro akreditaci, o. p. s. a označená registračním číslem 2222 (číslo osvědčení 61/2012, 144/2013).

Identifikace kalibrovaného měřidla:

Název: Číslicový tlakoměr
Typ: (0 až 600) bar, BAROLI
Výrobce: BD SENSORS, JSP s.r.o.
Výrobní (evidenční) číslo: 1093632, ev. č. M029.V.C. 1093632

Zákazník:

TM Technik s.r.o.
Dornych 54/47, 617 00 Brno CZ

Uživatel:

Moravia – Apex, spol. s r.o.
Hlavní 104, 664 31 Lelekovice u Brna

Podmínky, za kterých byla kalibrace provedena:

Teplota/ Relativní vlhkost: (20 ± 2) °C, (50 ± 30) % r.v.

Kalibraci provedlo pracoviště:

4: Brno

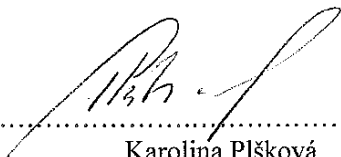
Kalibrace byla provedena dne 28.1.2014 podle kalibračního postupu KP 3/P. Výsledky měření jsou obsaženy v Příloze I o počtu stran 1, která je nedílnou součástí tohoto kalibračního listu, a týkají se pouze kalibrovaného měřidla. Měření označená * byla provedena mimo rámec akreditace.

Údaje o etalonech, pracovních měřidlech a dalších použitých zařízeních:

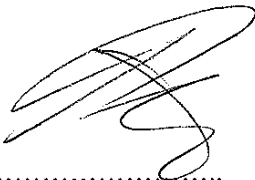
Název	Typ	Výrobní číslo	Návaznost na etalony
Pístový tlakoměr	380 D	18347	AKL 2233
Digitální teploměr – vlhkoměr	D3631	10910150	AKL 2222

Všechny použité etalony a pracovní měřidla jsou přímo nebo prostřednictvím kalibrovaných referenčních etalonů navázány na státní/mezinárodní etalony příslušných veličin.

V Brně dne 29.1.2014


Karolína Plšková
pracovník pověřený provedením kalibrace




Ing. Vladimír Plšek
zástupce vedoucího kalibrační laboratoře

Příloha: I Kalibračního listu 8797.2-14-P vydaného AKL 2222

Tabulka naměřených a vypočtených hodnot:

- kde
- P_e je konvenčně pravá hodnota tlaku;
 - P_z je střední hodnota tlaku odečtená na zkoušeném měřidle;
 - δ je chyba zkoušeného měřidla v procentech, vzhledem k měřicímu rozpětí měřidla;
 - U je rozšířená nejistota kalibrace v procentech, vzhledem k měřicímu rozpětí měřidla.

P_e	zatěžování			odlehčování		
	P_z	δ	U	P_z	δ	U
bar	bar	%	%	bar	%	%
0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
100,0	100,0	0,00	0,0	100,1	0,02	0,0
200,0	200,1	0,02	0,1	200,2	0,03	0,1
300,0	300,2	0,03	0,1	300,2	0,03	0,1
350,0	350,2	0,03	0,1	350,2	0,04	0,1
400,0	400,3	0,04	0,1	400,3	0,05	0,1
450,0	450,3	0,04	0,1	450,3	0,04	0,1
500,0	500,3	0,05	0,1	500,3	0,05	0,1
550,0	550,3	0,05	0,1	550,4	0,06	0,1
600,0	600,3	0,06	0,1	600,4	0,06	0,1

Tlakové médium - olej

Rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty a koeficientu rozšíření $k = 2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95 %. Standardní nejistota byla určena v souladu s dokumentem EA 4/02.

Konec kalibračního listu.

Záznam o měření k 8922.1-14-T

Institút pro testování a certifikaci a.s.		PRVOTNÍ ZÁZNAM KALIBRACE		list č.: 1							
divíze 4 - Elektro		číslo kalibračního listu: 8922.1_20		- 14 - T		Prápočet odpor - teplota					
Zákazník:		JUMO Měření a regulace s.r.o.								Požadované hodnoty v °C	Výsledné hodnoty v mV
		Křídlovická 943/24a, 603 00 Brno								60	2,43240
Měřené zařízení:		Termoelektrický snímač		Typ:		K		80	3,28879		
Výrobce:		JUMO		Výrobní číslo:		**		100	4,11637		
Evidenční číslo:		***		Prostředí:		22,5 °C		%r.v.			
Použité přístroje:		Datron 1081, OT2		Prostředí:		22,5 °C		%r.v.			
Místo provedení:		Brno		Jazyk kalibračních listů:		CZ					
Zákazníkem požadované hodnoty:		20,65,110									
Time	Chnl	Meas Val	Unit	Calc Val	Unit	Time	Chnl	Calc Val	Unit	80	
10:51:36	EtalonOT2	123,017	Ohm	59,428	°C	10:51:42	TC	2,41E-03	V		
10:51:48	EtalonOT2	123,017	Ohm	59,428	°C	10:51:54	TC	2,41E-03	V		
10:52:00	EtalonOT2	123,016	Ohm	59,426	°C	10:52:06	TC	2,41E-03	V		
10:52:12	EtalonOT2	123,015	Ohm	59,423	°C	10:52:18	TC	2,41E-03	V		
10:52:24	EtalonOT2	123,015	Ohm	59,423	°C	10:52:30	TC	2,41E-03	V		
10:52:36	EtalonOT2	123,016	Ohm	59,426	°C	10:52:42	TC	2,41E-03	V		
	EtalonOT2	123,016	Ohm	59,425667	°C		TC	2,408400	V		
Konstanty: Ro -0,0607 Ohm A -5,409205E-01 C-1 B -5,559132E-08 C-2											
V čem se kalibrovalo											
Obj											
Time	Chnl	Meas Val	Unit	Calc Val	Unit	Time	Chnl	Calc Val	Unit	80	
11:30:02	EtalonOT2	130,496	Ohm	78,953	°C	11:30:08	TC	3,23E-03	V		
11:30:14	EtalonOT2	130,495	Ohm	78,95	°C	11:30:20	TC	3,23E-03	V		
11:30:26	EtalonOT2	130,497	Ohm	78,955	°C	11:30:32	TC	3,23E-03	V		
11:30:38	EtalonOT2	130,496	Ohm	78,953	°C	11:30:44	TC	3,23E-03	V		
11:30:50	EtalonOT2	130,497	Ohm	78,955	°C	11:30:56	TC	3,23E-03	V		
11:31:02	EtalonOT2	130,498	Ohm	78,958	°C	11:31:08	TC	3,23E-03	V		
	EtalonOT2	130,4965	Ohm	78,954	°C		TC	3,225917	V		
Medusa											
Time	Chnl	Meas Val	Unit	Calc Val	Unit	Time	Chnl	Calc Val	Unit	80	
11:30:02	EtalonOT2	130,496	Ohm	78,953	°C	11:30:08	TC	3,23E-03	V		
11:30:14	EtalonOT2	130,495	Ohm	78,95	°C	11:30:20	TC	3,23E-03	V		
11:30:26	EtalonOT2	130,497	Ohm	78,955	°C	11:30:32	TC	3,23E-03	V		
11:30:38	EtalonOT2	130,496	Ohm	78,953	°C	11:30:44	TC	3,23E-03	V		
11:30:50	EtalonOT2	130,497	Ohm	78,955	°C	11:30:56	TC	3,23E-03	V		
11:31:02	EtalonOT2	130,498	Ohm	78,958	°C	11:31:08	TC	3,23E-03	V		
	EtalonOT2	130,4965	Ohm	78,954	°C		TC	3,225917	V		
Medusa											
Time	Chnl	Meas Val	Unit	Calc Val	Unit	Time	Chnl	Calc Val	Unit	100	
12:19:59	EtalonOT2	138,51	Ohm	100,004	°C	12:20:05	TC	4,11E-03	V		
12:20:11	EtalonOT2	138,509	Ohm	100,001	°C	12:20:17	TC	4,11E-03	V		
12:20:24	EtalonOT2	138,508	Ohm	99,998	°C	12:20:30	TC	4,11E-03	V		
12:20:36	EtalonOT2	138,507	Ohm	99,996	°C	12:20:42	TC	4,11E-03	V		
12:20:48	EtalonOT2	138,508	Ohm	99,998	°C	12:20:54	TC	4,11E-03	V		
12:21:00	EtalonOT2	138,507	Ohm	99,996	°C	12:21:06	TC	4,11E-03	V		
	EtalonOT2	138,5081667	Ohm	99,998833	°C		TC	4,110317	V		
Oceanus											
Time	Chnl	Meas Val	Unit	Calc Val	Unit	Time	Chnl	Calc Val	Unit	XX	
Poznámka											
		000796872301409		TN00616211							
		0001		NICr-Ni							
Datum kalibrace:		27.2.2014		Kalibroval: Plšková		Podpis:					



KALIBRAČNÍ LIST Č.8922.1-14-T

vydaný Kalibrační laboratoří Institutu pro testování a certifikaci, a.s., divize 4 Elektro, Sokolovská 573, 686 01 Uherské Hradiště, která byla akreditovaná Českým institutem pro akreditaci, o. p. s. a označená registračním číslem 2222 (číslo osvědčení 52/2014).

Identifikace kalibrovaného měřidla:

Název: Termoelektrický snímač teploty
Typ: TN 00616211; NiCr-Ni (K)
Výrobce: Jumo
Výrobní (evidenční) číslo: 000796872301409 0001

Zákazník:

JUMO Měření a regulace s.r.o.
Křídlovická 943/24a, 603 00 Brno

Podmínky, za kterých byla kalibrace provedena:

Teplota: (23 ± 5) °C

Kalibraci provedlo pracoviště:

4: Brno

Kalibrace byla provedena dne 27.2.2014 podle kalibračního postupu KP 1/T. Výsledky měření jsou obsaženy v Příloze I o počtu stran 1, která je nedílnou součástí tohoto kalibračního listu, a týkají se pouze kalibrovaného měřidla. Měření označená * byla provedena mimo rámec akreditace.

Údaje o etalonech, pracovních měřidlech a dalších použitých zařízeních:

Název	Typ	Výrobní číslo	Návaznost na etalony
Číslicový multimetr	DATRON 1081	21311	ČMI
Odporový snímač teploty	935-14-95H	31761/1	ČMI
Teploměr se záznamem	S0111	09932521	AKL2222

Všechny použité etalony a pracovní měřidla jsou přímo nebo prostřednictvím kalibrovaných referenčních etalonů navázány na státní/mezinárodní etalony příslušných veličin.

V Brně dne 28.2.2014

Karolina Plšková
pracovník pověřený provedením kalibrace



Ing. Vladimír Plšek
zástupce vedoucího kalibrační laboratoře

Příloha I Kalibračního listu č. 8922.1-14-T vydaného AKL2222

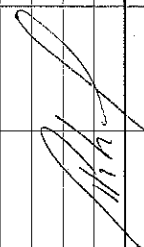
Výsledek měření:

Naměřené hodnoty byly zpracovány výpočtem do tabulky:

Hodnota etalonu T90	Udaj měřidla X1	Nejistota U
[°C]	[mV]	[°C]
60,00	2,432	0,2
80,00	3,270	0,2
100,00	4,110	0,2

Rozšířená nejistota měření, uvedená v Příloze I, je součinem standardní nejistoty a koeficientu rozšíření $k = 2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95 %. Standardní nejistota byla určena v souladu s dokumentem EA 4/02.

Konec kalibračního listu.

Hodnota tlaku kalibrovaného měřidla												
Pet	1. cyklus		2. cyklus		3. cyklus		průměr odlehčování MPa	průměr odlehčování MPa	chyba odlehčování MPa	chyba odlehčování MPa	chyba odlehčování %	chyba odlehčování %
	odlehčování MPa	zatěžování MPa	odlehčování MPa	zatěžování MPa	odlehčování MPa	zatěžování MPa						
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
U _A	U _{k=2}	U _{k=2}	U _{k=2}	U _{k=2}	U _{k=2}	U _{k=2}	čerpání chyby v %	čerpání chyby +				
zatěžování MPa	odlehčování MPa	odlehčování MPa	zatěžování MPa	odlehčování MPa	zatěžování MPa	odlehčování MPa	nejistota v %	nejistota v %				
0,000	0,000	0,0030	0,0030	0,186	0,186	0,186	0	0	19	19	vyhovuje	vyhovuje
0,000	0,000	0,0030	0,0030	0,187	0,187	0,187	0	0	19	19	vyhovuje	vyhovuje
0,000	0,000	0,0030	0,0030	0,189	0,189	0,189	0	0	19	19	vyhovuje	vyhovuje
0,000	0,000	0,0031	0,0031	0,192	0,192	0,192	0	31	19	50	vyhovuje	vyhovuje
0,000	0,000	0,0031	0,0031	0,193	0,193	0,193	0	31	19	51	vyhovuje	vyhovuje
Dělení st.:	0,05 MPa											
Rozlišení:	0,005 MPa											
Médium:	olej											
Měřicí rozsah:	(0 až 1,6) MPa											
Výrobní č.:	UA 000201											
Výrobce:	PTL											
Etalon:	typ 380D											
Kalibrováno:	2.6.2014											
Teplota / vlhkost:	20,1 °C / 42,4% r.v.											
Kalibroval:	Karolina Pišková										Podpis:	
	9289.1-14-P											



KALIBRAČNÍ LIST Č. 9289.1-14-P

vydaný Kalibrační laboratoří Institutu pro testování a certifikaci, a.s., divize 4 Elektro, Sokolovská 573, 686 01 Uherské Hradiště, která byla akreditovaná Českým institutem pro akreditaci, o. p. s. a označená registračním číslem 2222 (číslo osvědčení 52/2014).

Identifikace kalibrovaného měřidla:

Název: Tlakoměr deformační
Typ: (0 až 1,6) MPa, tř. př. 1,0
Výrobce: PTL
Výrobní (evidenční) číslo: UA 000201

Zákazník:

BMT Medical Technology, s.r.o.
Cejl 157/50 Zábřovice, 602 00 Brno

Podmínky, za kterých byla kalibrace provedena:

Teplota/Relativní vlhkost: $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$, $(50 \pm 30) \% \text{ r.v.}$

Kalibraci provedlo pracoviště:

4: Brno

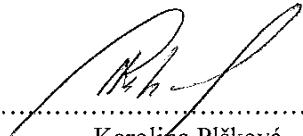
Kalibrace byla provedena dne 2.6.2014 podle kalibračního postupu KP 1/P. Výsledky měření jsou obsaženy v Příloze I o počtu stran 1, která je nedílnou součástí tohoto kalibračního listu. Výsledky se týkají pouze kalibrovaného měřidla a vztahují se pouze k místu a době provedení kalibrace. Měření označená * byla provedena mimo rámec akreditace.

Údaje o etalonech, pracovních měřidlech a dalších použitých zařízeních:


Název	Typ	Výrobní číslo	Návaznost na etalony
Pístový tlakoměr	380 D	18347	AKL 2233
Digitální teploměr – vlhkoměr	D3631	10910150	AKL 2222

Všechny použité etalony a pracovní měřidla jsou přímo nebo prostřednictvím kalibrovaných referenčních etalonů navázány na státní/mezinárodní etalony příslušných veličin.

V Brně dne 3.6.2014


Karolína Plšková
pracovník pověřený provedením kalibrace




Ing. Vladimír Plšek
zástupce vedoucího kalibrační laboratoře

Příloha: I Kalibračního listu 9289.1-14-P vydaného AKL 2222

Tabulka naměřených a vypočtených hodnot:

kde P_e je konvenčně pravá hodnota tlaku;

P_z je střední hodnota tlaku odečtená na zkoušeném měřidle;

δ je chyba zkoušeného měřidla v procentech, vzhledem k měřicímu rozpětí měřidla;

U je rozšířená nejistota kalibrace v procentech, vzhledem k měřicímu rozpětí měřidla.

P_e	zatěžování před justací		zatěžování po justaci			odlehčování před justací		odlehčování po justaci		
	P_z	δ	P_z	δ	U	P_z	δ	P_z	δ	U
MPa	MPa	%	MPa	%	%	MPa	%	MPa	%	%
0,000	0,090	5,6	0,000	0,0	0,2	0,090	5,6	0,000	0,0	0,2
0,500	0,585	5,3	0,500	0,0	0,2	0,590	5,6	0,500	0,0	0,2
1,000	1,085	5,3	1,000	0,0	0,2	1,090	5,6	1,000	0,0	0,2
1,500	1,585	5,3	1,500	0,0	0,2	1,585	5,3	1,505	0,3	0,2
1,600	1,685	5,3	1,600	0,0	0,2	1,685	5,3	1,605	0,3	0,2

Tlakové médium - olej

Rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty a koeficientu rozšíření $k = 2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95 %. Standardní nejistota byla určena v souladu s dokumentem EA 4/02.

Konec kalibračního listu.



Český metrologický institut

OSVĚDČENÍ

č. 0311-OZ-C063-12

Jméno a příjmení: **Karolína PLŠKOVÁ**
datum narození: **7. 11. 1990**
složil(a) dne 2. 4. 2012 úspěšně odbornou zkoušku před zkušební komisí:
předseda: **Ing. František Staněk**
člen (členové): **Jaroslav Horák**
Marek Lauč

Toto osvědčení dokládá odbornou způsobilost ke
kalibraci deformačních a číslíkových tlakoměrů.



PLŠKOVÁ

generální ředitel ČMI

V Brně dne 18. 4. 2012



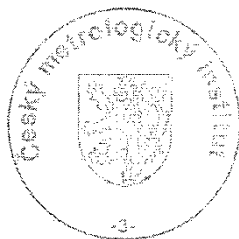
Český metrologický institut

OSVĚDČENÍ

č. 0311-OZ-C185-13

Jméno a příjmení: **Karolína PLŠKOVÁ**
datum narození: **7. 11. 1990**
složil(a) dne 17. 5. 2013 úspěšně odbornou zkoušku před zkušební komisí:
předseda: Ing. Jan Otych
člen (členové): František Čuma

Toto osvědčení dokládá odbornou způsobilost ke
kalibraci termoelektrických snímačů teploty a skleněných teploměrů.



V Brně dne 24. 6. 2013


generální ředitel ČMI

P ÍLOHA P III: SEZNAM LENSKÝCH STÁT ILAC

Signatories to the ILAC Mutual Recognition Arrangement

No.	Accreditation Body	Economy	Scope	Original Signing Date
1	Organismo Argentino de Acreditación (OAA)	Argentina	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	11 Aug 2005 11 Aug 2005 26 Oct 2013
2	National Association of Testing Authorities, Australia (NATA)	Australia	Testing ISO/IEC 17025 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 02 Nov 2000 24 Oct 2012
3	Joint Accreditation System of Australia and New Zealand (JAS-ANZ)	Australia/New Zealand	Inspection ISO/IEC 17020	07 Nov 2012
4	Akkreditierung Austria	Austria	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	22 Sept 2002 22 Sept 2002 24 Oct 2012
5	^(e) ^(f) Belgian Accreditation Structure (BELAC)	Belgium	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	01 Aug 2006 01 Aug 2006 29 Mar 2013
6	Institute for Accreditation of Bosnia and Herzegovina (BATA)	Bosnia and Herzegovina	Testing ISO/IEC 17025 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	21 Nov 2012 21 Nov 2012 21 Nov 2012
7	^(b) Coordenação Geral de Acreditação General Coordination for Accreditation (CGCRE)	Brazil	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 02 Nov 2000 27 Feb 2013
8	^(c) Canadian Association for Laboratory Accreditation Inc. (CALA)	Canada	Testing ISO/IEC 17025	17 Nov 2005
9	Quality Management Program – Laboratory Services (QMP-LS)	Canada	Testing ISO 15189	05 Dec 2012
10	Standards Council of Canada (SCC)	Canada	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025	02 Nov 2000 02 Nov 2000
11	Instituto Nacional de Normalización (INN)	Chile	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025	08 Oct 2010 08 Oct 2010
12	^(b) ^(e) China National Accreditation Service for Conformity Assessment (CNAS)	People's Republic of China	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 02 Nov 2000 24 Oct 2012

Signatories to the ILAC Mutual Recognition Arrangement

No.	Accreditation Body	Economy	Scope	Original Signing Date
13	Hong Kong Accreditation Service (HKAS)	China, Hong Kong	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 02 Nov 2000 24 Oct 2012
14	Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC)	Colombia	Testing IOS/IEC 17025 Calibration ISO/IEC 17025	7 April 2014 7 April 2014
15	Ente Costarricense de Acreditación (ECA)	Costa Rica	Testing ISO/IEC 17025 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	16 Jan 2007 22 Mar 2010 24 Oct 2012
16	Croatian Accreditation Agency (HAA)	Croatia	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	29 Apr 2010 29 Apr 2010 24 Oct 2012
17	National Accreditation Body of Republica de Cuba (ONARC)	Cuba	Testing ISO/IEC 17025 Calibration ISO/IEC 17025	17 Sept 2005 17 Sept 2005
18	Cyprus Organisation for the Promotion of Quality (CYS) Cyprus Accreditation Body (CYSAB)	Cyprus	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Inspection ISO/IEC 17020	18 Oct 2011 27 Feb 2013
19	Czech Accreditation Institute (CAI)	Czech Republic	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 02 Nov 2000 24 Oct 2012
20	Danish Accreditation (DANAK)	Denmark	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 02 Nov 2000 24 Oct 2012
21	Organismo De Acreditacion Ecuatoriano (OAE)	Ecuador	Testing ISO/IEC 17025 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	03 Dec 2011 03 Dec 2011 24 Oct 2012
22	^(a) Egyptian Accreditation Council (EGAC)	Egypt	Testing ISO/IEC 17025 Testing ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	10 Oct 2009 02 Apr 2014 10 Oct 2009 02 Apr 2014
23	^(b) Finnish Accreditation Service (FINAS)	Finland	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 02 Nov 2000 24 Oct 2012

Signatories to the ILAC Mutual Recognition Arrangement

No.	Accreditation Body	Economy	Scope	Original Signing Date
24	Comite Francais d' Accreditation (COFRAC)	France	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 02 Nov 2000 24 Oct 2012
25	^(a) Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DakKS)	Germany	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 02 Nov 2000 24 Oct 2012
26	^(b) Hellenic Accreditation System S.A. (ESYD)	Greece	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	22 May 2004 22 May 2004 30 Nov 2012
27	Oficina Guatemalteca de Acreditación (OGA)	Guatemala	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	26 June 2008 14 Mar 2012 02 Apr 2013
28	Hungarian Accreditation Board (NAT)	Hungary	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	28 Apr 2010 28 Apr 2010 24 Oct 2012
29	National Accreditation Board for Testing and Calibration Laboratories (NABL)	India	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025	02 Nov 2000 02 Nov 2000
30	National Accreditation Board for Certification Bodies (NABCB)	India	Inspection ISO/IEC 17020	16 Sept 2013
31	National Accreditation Body of Indonesia (KAN)	Indonesia	Testing ISO/IEC 17025 Testing ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	20 June 2001 14 Mar 2013 30 Dec 2003 24 Oct 2012
32	^(b) Irish National Accreditation Board (INAB)	Ireland	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 02 Nov 2000 24 Oct 2012
33	Israel Laboratory Accreditation Authority (ISRAC)	Israel	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	03 Nov 2001 03 Nov 2001 24 Oct 2012

Signatories to the ILAC Mutual Recognition Arrangement

No.	Accreditation Body	Economy	Scope	Original Signing Date
34	⁽⁴⁾ L'Ente Italiano di Accreditamento (ACCREDIA)	Italy	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 07 Oct 2010 07 Nov 2012
35	Jamaica National Agency for Accreditation (JANAAC)	Jamaica	Testing ISO/IEC 17025	31 Aug 2013
36	⁽⁶³⁾ International Accreditation Japan (IAJapan)	Japan	Testing ISO/IEC 17025 Calibration ISO/IEC 17025	02 Nov 2000 02 Nov 2000
37	Japan Accreditation Board (JAB)	Japan	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 28 July 2003 24 Oct 2012
38	Voluntary EMC Laboratory Accreditation Center INC (VLAC)	Japan	Testing ISO/IEC 17025	16 Jan 2007
39	National Centre of Accreditation (NCA)	Kazakhstan	Testing ISO/IEC 17025 Calibration ISO/IEC 17025	27 Oct 2010 27 Oct 2010
40	Korea Laboratory Accreditation Scheme (KOLAS)	Republic of Korea	Testing ISO/IEC 17025 Calibration ISO/IEC 17025	02 Nov 2000 20 June 2001
41	The Kyrgyz Center of Accreditation (KCA)	The Kyrgyz Republic	Testing ISO/IEC 17025	23 Oct 2013
42	Office Luxembourgeois d'Accréditation et de Surveillance (OLAS)	Luxembourg	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	14 Apr 2011 19 Apr 2012 24 Oct 2012
43	Department of Standards Malaysia (Standards Malaysia)	Malaysia	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025	16 Jan 2003 19 Nov 2003
44	entidad mexicana de acreditación a.c. (ema)	Mexico	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	17 Nov 2005 17 Nov 2005 24 Oct 2012
45	Mongolian Agency for Standardization and Metrology, Accreditation Department (MNAS)	Mongolia	Testing ISO/IEC 17025 Calibration ISO/IEC 17025	07 June 2012 07 June 2012
46	Dutch Accreditation Council (RvA)	The Netherlands	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 02 Nov 2000 24 Oct 2012

Signatories to the ILAC Mutual Recognition Arrangement

No.	Accreditation Body	Economy	Scope	Original Signing Date
47	International Accreditation New Zealand (IANZ)	New Zealand	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 02 Nov 2000 24 Oct 2012
48	^(b) Norsk Akkreditering (NA)	Norway	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 02 Nov 2000 24 Oct 2012
49	Pakistan National Accreditation Council (PNAC)	Pakistan	Testing ISO/IEC 17025 Calibration ISO/IEC 17025	21 May 2009 21 May 2009
50	Papua New Guinea Laboratory Accreditation Scheme (PNGLAS)	Papua New Guinea	Testing ISO/IEC 17025	12 May 2010
51	Organismo Nacional de Acreditacion (ONA)	Paraguay	Testing ISO/IEC 17025	27 April 2012
52	National Institute for the Defense of Competition and Protection of Intellectual Property - National Accreditation Service (INDECOPPI-SNA)	Peru	Testing ISO/IEC 17025 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	15 April 2013
53	^(c) Philippine Accreditation Office (PAO)	Philippines	Testing ISO/IEC 17025 Calibration ISO/IEC 17025	17 Nov 2005 17 Nov 2005
54	Polish Centre for Accreditation (PCA)	Poland	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	19 Jan 2005 19 Jan 2005 24 Oct 2012
55	Instituto Portugues de Acreditacao (IPAC)	Portugal	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	10 May 2006 10 May 2006 24 Oct 2012
56	Romanian Accreditation Association (RENAR)	Romania	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	22 May 2004 28 May 2009 28 Nov 2013
57	Association of Analytical Centers "Analitica" (AAC "Analitica")	Russian Federation	Testing ISO/IEC 17025	21 May 2009
58	Accreditation Body of Serbia (ATS)	Serbia	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	24 May 2012 24 May 2012 24 Oct 2012

Signatories to the ILAC Mutual Recognition Arrangement

No.	Accreditation Body	Economy	Scope	Original Signing Date
59	Singapore Accreditation Council (SAC)	Singapore	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 02 Nov 2000 24 Oct 2012
60	Slovak National Accreditation Service (SNAS)	Slovakia	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	11 June 2001 11 June 2001 24 Oct 2012
61	Slovenian Accreditation (SA)	Slovenia	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	28 Nov 2003 28 Nov 2003 24 Oct 2012
62	South African National Accreditation System (SANAS)	South Africa	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 02 Nov 2000 24 Oct 2012
63	Entidad Nacional de Acreditacion (ENAC)	Spain	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 02 Nov 2000 24 Oct 2012
64	Sri Lanka Accreditation Board for Conformity Assessment (SLAB)	Sri Lanka	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025	09 Dec 2009 08 June 2012
65	Swedish Board for Accreditation and Conformity Assessment (SWEDAC)	Sweden	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 02 Nov 2000 24 Oct 2012
66	Swiss Accreditation Services (SAS)	Switzerland	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025	02 Nov 2000 02 Nov 2000
67	^(a) Taiwan Accreditation Foundation (TAF)	Chinese Taipei	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 02 Nov 2000 24 Oct 2012
68	Bureau of Laboratory Accreditation, Department of Science Service, Ministry of Science and Technology (BLA-DSS)	Thailand	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025	23 Aug 2006
69	^(b) The Bureau of Laboratory Quality Standards, Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health, Thailand (BLQS-DMSc)	Thailand	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189	04 April 2003

Signatories to the ILAC Mutual Recognition Arrangement

No.	Accreditation Body	Economy	Scope	Original Signing Date
70	(6) (9) National Standardization Council of Thailand – Office of the National Standardization Council (NSC – ONSC)	Thailand	Testing ISO/IEC 17025 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	03 Nov 2001 03 Nov 2001 24 Oct 2012
71	The Accreditation Institute of the former Yugoslav Republic of Macedonia (IARM)	The former Yugoslav Republic of Macedonia	Testing ISO/IEC 17025 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	19 Apr 2012 19 Apr 2012 24 Oct 2012
72	Tunisian Accreditation Council (TUNAC)	Tunisia	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025	02 Apr 2008 02 Apr 2008
73	Turkish Accreditation Agency (TURKAK)	Turkey	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	10 May 2006 10 May 2006 24 Oct 2012
74	Dubai Accreditation Department (DAC)	United Arab Emirates	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	18 Oct 2009 18 Oct 2009 24 Oct 2012
75	United Kingdom Accreditation Service (UKAS)	United Kingdom	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 02 Nov 2000 24 Oct 2012
76	Organismo Uruguayo De Acreditación (OUA)	Uruguay	Testing ISO/IEC 17025	22 Oct 2010
77	American Association for Laboratory Accreditation (A2LA)	USA	Testing ISO/IEC 17025 & ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 02 Nov 2000 24 Oct 2012
78	(9) ANSI-ASQ National Accreditation Board <i>doing business as</i> ACLASS & FQS	USA	Testing ISO/IEC 17025 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	14 Sept 2006 14 Sept 2006 05 Dec 2012
79	AIHA Laboratory Accreditation Program, LLC (AIHA-LAP, LLC)	USA	Testing ISO/IEC 17025	22 Aug 2010
80	American Society of Crime Laboratory Directors/Laboratory Accreditation Board (ASCLD/LAB)	USA	Testing ISO/IEC 17025	07 April 2009
81	(6) International Accreditation Service, Inc (IAS)	USA	Testing ISO/IEC 17025 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 09 May 2005 05 Nov 2012

Signatories to the ILAC Mutual Recognition Arrangement

No.	Accreditation Body	Economy	Scope	Original Signing Date
82	Accreditation Services Bureau (A-S-B) dba Laboratory Accreditation Bureau (L-A-B)	USA	Testing ISO/IEC 17025 Calibration ISO/IEC 17025	06 Dec 2007 06 Dec 2007
83	National Voluntary Laboratory Accreditation Program (NVLAP)	USA	Testing ISO/IEC 17025 Calibration ISO/IEC 17025	02 Nov 2000 02 Nov 2000
84	Perry Johnson Laboratory Accreditation, Inc. (PJLA)	USA	Testing ISO/IEC 17025 Calibration ISO/IEC 17025	06 June 2008 21 May 2009
85	^(a) Bureau of Accreditation (BoA)	Vietnam	Testing ISO/IEC 17025 Testing ISO 15189 Calibration ISO/IEC 17025 Inspection ISO/IEC 17020	02 Nov 2000 05 Dec 2012 02 Nov 2000 24 Oct 2012