

Měření a jeho vyhodnocení V: interval mezi kalibracemi

Článek je po statích [1] až [4] pátou částí volného seriálu celkem sedmi příspěvků trojice autorů na vybraná témata související s měřením fyzikálních veličin, zejména elektrických, a jeho vyhodnocováním. Jsou v něm uvedena základní hlediska a příklady stanovení časového intervalu mezi za sebou následujícími kalibracemi. Jako zdroj informace jsou použity dokumenty týkající se akreditovaných kalibračních laboratoří, u nichž je velmi důležité, aby měřily stále v rámci jimi deklarovaných přesností.

Jaký zvolit interval mezi kalibracemi, je základní otázka při zajišťování přesnosti měření, a tudíž oboru metrologie, která provází tento obor po celou dobu jeho historie a nikdy ho provázet nepřestane. Problematice se věnuje mnoho odborných článků i knih. Velká většina norem a mezinárodních dokumentů je obecná, ale metrolog organizace hledá co nejjednodušší, ale ještě vyhovující *modus vivendi*, a zajímají jej proto zkušenosti a rady z literatury. Základním postulátem přitom je, že chyba měření se v době od poslední kalibrace může měnit dopředu neznámým způsobem, může se zvětšovat nebo i zmenšovat, ale nejistota měření od poslední kalibrace jen roste [5].

Následující úvahy jsou psány především z pohledu kontroly měřících přístrojů, které používají elektronické obvody. To nemusí být jen elektronické měřicí přístroje, ale i mnoho přístrojů a měřících sestav, často s převodníky neelektrických veličin, včetně počítačových systémů pro nejrůznější měření. Takové přístroje obsahují tisíce součástí, z nichž každá ovlivňuje spolehlivost přístroje jinak.

Nejméně problematická z hlediska přesnosti měření je úplná havárie, která znemožní použití přístroje (porucha). Nejproblematičtější jsou tzv. metrologické poruchy, kdy je přístroj zdánlivě v pořádku, ale jeho metrologické vlastnosti jsou (jedna nebo více) mimo očekávanou specifikaci.

Většina metrologů v nejrůznějších organizacích musí ve své denní praxi vyhledávat co nejjednodušší a přitom vyhovující postup stanovení data příští kalibrace, aby se vzniku těchto metrologických poruch předcházelo.

Základní situace při recalibraci a její důsledky

V principu existují tři možnosti. Při recalibraci lze zjistit, že je buď:

1. vše v pořádku, nebo
2. přístroj se blíží k hranici specifikace, nebo
3. přístroj je mimo specifikaci.

V případě 1 ekonom položí otázku, zda nebyla recalibrace provedena zbytečně brzy.

V případě 2 půjde o oblast, kdy je potřebné a možné udělat nápravná opatření.

V případě 3 je už pozdě a je nutné řešit následky. V případě, že taková situace nastane

ve kalibrační laboratoři, je řešen problém od poslední recalibrace přístroje. Když byla dostatečně podrobně prováděna mezilhůtová kontrola, může být doba, po kterou mohlo být měřeno špatně, zkrácena z doby od poslední kalibrace na dobu kratší, počítanou od posledního mezilhůtového porovnání.

Problémem mnoha materiálů pojednávajících o stanovení kalibračních intervalů měřících přístrojů je jejich obecnost a u mnoha z nich i (jen zdánlivá) vědeckost. Existují též počítačové programy pro predikci kalibračního intervalu (např. Predictor) a vznikl i nový obor, tzv. prediktivní metrologie.

V současnosti je triapůlmístný kvalitní digitální multimetr s dvacetí rozsahy pro pět měřených veličin prodáván za cenu od 50 korun (v roce 2015). Za podobnou cenu není možné zajistit kalibraci a je na uživateli, aby podle toho, jak přístroj používá, zvolil rozsah a interval recalibrace nebo i koupil nového přístroje. Pokrok v posledních několika letech umožnil, že velmi kvalitní šestiapůlmístné digitální multimetry se prodávají za ceny pod 30000 korun. V mnoha případech lze tudíž, zejména pro pracoviště výrobní kontroly, použít šestiapůlmístný digitální multimetr i tam, kde z hlediska přesnosti sice vystačí jen triapůl- až pětapůlmístný přístroj, ovšem, s podstatně větší pravděpodobností, že výkonnější digitální multimetr ani po dlouhé době nevybočí ze specifikace požadované pro dané měření.

Doporučení výrobců

Většina výrobců elektronických měřících přístrojů doporučuje, aby jejich přístroje byly kalibrovány každých dvanáct měsíců, a to bez ohledu na skutečnou dobu jejich provozu. Kritérium dvanácti měsíců bylo stanoveno již před zavedením moderní elektroniky do přístrojů. Bylo přijato v USA společně normalizačním orgánem ANSI (*American National Standards Institute*) a sdružením výrobců SAMA (*Scientific Apparatus Makers Association*) v dokumentu ANSI Z236.1 v roce 1983 [6]. U nás začalo být používáno až mnohem později.

Firma Agilent Technologies, nejznámější a největší výrobce elektronických měřicích

přístrojů, uvádí v dokumentu *Application Note: Setting and Adjusting Instrument Calibration Intervals* [7] z pohledu výrobce, že dobře vyhovující interval recalibrace je jeden rok; ten vyhovuje kompromisu mezi cenou a nepohodlím recalibrace a potřebou udržovat přístroj v rozsahu jeho specifikace. Dobře stanovený počáteční kalibrační interval také zmenšuje rizika pocházející z nepřesného měření a chybného rozhodnutí dobrý/vadný. V minulosti většina výrobců stanovovala jako maximální interval mezi kalibracemi dobu dvanácti měsíců. U toho v podstatě zůstalo – dvanáct měsíců je nejčastěji se vyskytující interval i v současnosti. Patrná je snaha prodloužit doporučený interval mezi kalibracemi na 24 nebo 36 měsíců. Jde o jeden z hlavních přínosů nové generace konstrukce výrobků. Proces stanovení kalibračního intervalu má u výrobce dva hlavní kroky: prvním je kontrola údajů ze servisů po celém světě, a je-li údajů k dispozici dostatek, ve druhém kroku se provedou podrobné statistické analýzy, na jejichž základě je možné upravit recalibrační interval. Kalibrační laboratoř má situaci jednodušší, protože analyzuje data z kalibrací a mezilhůtových porovnání konkrétního přístroje, který má v laboratoři.

Normy a mezinárodní dokumenty

Základní dokument pro akreditované kalibrační laboratoře týkající se určování kalibračních intervalů měřících přístrojů ILAC-G24:2007 [8] je přehledný, ale zůstává v obecné rovině. Také normy a mezinárodní dokumenty z oblasti kvality zmiňují stanovení intervalů mezi kalibracemi. Jmenujme např. dokumenty ISO 9001, ISO 17025, ANSI/NCCL Z540 (norma USA) i MIL-STD-45662 A (stará vojenská norma USA z roku 1962, používaná ale celosvětově). Všechny tyto dokumenty požadují, aby, jestliže je to nezbytné pro zajištění platných výsledků, byla měřicí zařízení kalibrována v určitých intervalech nebo před použitím a udržována tak, aby byla zajištěna přijatelná spolehlivost měření (spolehlivost měření je definována jako pravděpodobnost, že měřidlo bude splňovat požadovanou specifikaci po celou dobu používání).

Počáteční volba kalibračních intervalů

Pokyny pro stanovení kalibračních intervalů měřících přístrojů ILAC-G24:2007 se jako základní dokument platný pro akreditované kalibrační laboratoře týkají přede-

vším etalonů, ale lze je použít i pro pracovní přístroje. Protože pokyny platí pro všechny obory, musí být pokyny ILAC obecné. Při počátečním rozhodnutí o časovém intervalu mezi kalibracemi odborníci vycházejí zejména z doporučení výrobce přístroje, ale i s uvážením:

- očekávaného rozsahu použití a složitosti obsluhy,
- vlivu prostředí,
- požadované nejistoty měření,
- maximální přípustné chyby (např. ze strany orgánů legální metrologie),
- možností nastavení (změň nastavení) jednotlivého přístroje,
- vlivu měřené veličiny (např. vlivy vysokých teplot na termočlánky),
- shromážděných nebo zveřejněných údajů o stejných nebo obdobných zařízeních.

Metody přezkoumávání kalibračních intervalů

Jakmile je zavedena rutinní kalibrace, mělo by být možné upravovat kalibrační intervaly za účelem optimalizace vztahu rizik a nákladů. Je pravděpodobné, že bude zjištěno, že intervaly zvolené na počátku neposkytují z mnoha různých důvodů požadované optimální výsledky. „Inženýrská intuice“, na jejímž základě byly stanoveny počáteční kalibrační intervaly, ani systém udržující pevné kalibrační intervaly bez přezkoumání nejsou považovány za dostatečně spolehlivé, a proto nejsou doporučovány.

V dokumentu ILAC – G24:2007 [8] jsou jako základní metody přezkoumávání správnosti volby kalibračního intervalu přístroje uvedeny metoda automatického seřízení, metoda kontrolního schématu, metoda doby provozu, metoda kontroly během činnosti způsobem „černé skříňky“ a souhrnně další statistické přístupy. První čtyři z uvedených (skupin) metod jsou následně stručně charakterizovány. Co se týče dalších statistických přístupů, jsou zájemci odkazováni na [8].

Automatické seřízení (staircase)

Princip metody automatického seřízení spočívá v tom, že při každé kalibraci přístroje v rámci pravidelné recalibrace je jeho následný kalibrační interval buď prodloužen, je-li zjištěno, že se přístroj pohybuje v rámci zvoleného ochranného pásma, jehož mez může být např. 60 nebo 70 % maximální přípustné chyby požadované u daného měření, nebo zkrácen, jestliže je zjištěno, že se přístroj dostal mimo rámec dané maximální přípustné chyby. Tato metoda „schodišťové“ odezvy umožňuje rychle dospět k vhodnému nastavení intervalů mezi recalibracemi a lze ji snadno uskutečňovat bez velkého administrativního úsilí. Mnoho výrobců umožní jednoduše vytvořit ochranné pásmo tím, že udávají i specifikaci pro úroveň pravděpodobnosti 99 %, a je-li tato specifikace použita pro měření s nejistotou požadovanou s 95% úrovní

pravděpodobnosti, automaticky, bez jakýchkoliv přepočtů, vzniklo ochranné pásmo.

Kontrolní schéma

Metoda kontrolního schématu v zásadě funguje tak, že jsou vybrány významné kalibrační body a příslušné výsledky jsou zaznamenány a dále sledovány v čase. Z pořízených záznamů se počítá rozptyl výsledků a drift, z nichž lze poté vypočítat optimální kalibrační interval. Problém je definovat významné kalibrační body při měření ve velkém rozsahu s mnoha typy přístrojů. Jestliže je ale přístroj používán např. ve výrobní lince v omezeném rozsahu svých možností, je výběr významných kalibračních bodů mnohem snazší. Nejvíce je tento postup vhodný pro etalony typu jednohodnotové míry, kde obvykle není podstatná původní specifikace přesnosti nastavení etalonu, ale důležité je sledování aktuální hodnoty a jejího driftu v čase.

Doba provozu

Metoda založená na sledování doby provozu byla obvyklá u elektronických přístrojů z bývalého SSSR, v nichž bylo vestavěno počítadlo hodin, po které byl přístroj v chodu. Jde o určitou variaci předchozích metod. Základní metoda zůstává beze změny, ale kalibrační interval je vyjádřen v hodinách chodu přístroje namísto v kalendářních měsících. Přístroj je vybaven indikátorem uplynulé doby chodu a je vrácen k recalibraci, když údaj indikátoru dosáhne stanovené hodnoty. Příklady přístrojů vhodných k použití metody doby provozu jsou termočlánky používané při extrémních teplotách, pístové měřiče tlaku plynů, přístroje náchylné k mechanickému opotřebení (např. měřidla délky) apod.

Významnou teoretickou předností metody recalibrace v závislosti na době provozu je skutečnost, že počet provedených kalibrací, a tudíž i náklady na kalibrace závisejí přímo úměrně na době, po kterou je přístroj používán (popř. v chodu). Vedle toho je automaticky sledováno využití přístroje. S použitím automatické kontroly je však v praxi spojeno mnoho nedostatků. Obvykle tuto kontrolu nelze použít u pasivních zařízení (např. zeslabovačů) nebo etalonů (odpor, kapacita atd.) a neměla by se používat, je-li o přístroji známo, že vykazuje drift nebo zhoršuje své vlastnosti, i když je uložen, když je s ním manipulováno nebo když je vystaven mnoha krátkým cyklům typu zapnuto/vypnuto. Pro elektronické přístroje proto doba provozu není vhodným určujícím parametrem.

Kontrola během činnosti způsobem „černé skříňky“

Metoda kontroly přístroje při použití kontrolních vzorků („černé skříňky“) je určitou variací metod automatického seřízení a kontrolního schématu. Vhodná je zejména pro složité přístroje nebo výrobní měřicí sestavy, u nichž je často nenahraditelná. Kritické

parametry měřicího zařízení jsou kontrolovány s velkou četností (jednou denně i častěji) přenosným kalibračním přístrojem nebo, jestliže je to možné, s použitím „černé skříňky“ vytvořené specificky pro kontrolu vybraných parametrů. Je-li takto zjištěno, že daný přístroj udává hodnotu mimo maximální přípustnou chybu, je vrácen k úplné recalibraci. Významnou předností metody je skutečnost, že je uživateli v maximální možné míře dostupná a že prověří nejen vlastní přístroj, ale i celou měřicí sestavu, včetně kabeláže a dalších možných problémů, např. vlivem zemnění, elektromagnetického rušení v provozních podmínkách nebo dálkového ovládání atd. Je velmi vhodná pro přístroje ve výrobních linkách, neboť poskytuje výsledek téměř v reálném čase a umožňuje zabránit propuštění vadných výrobků. Úplná kalibrace je provedena až tehdy, když je zjevné, že je potřebná. Zdrojem problémů může být nesprávný výběr kritických parametrů a návrh „černé skříňky“. Přestože jde o metodu teoreticky velmi spolehlivou, je ale mírně nejednoznačná, neboť přístroj může vykazovat poruchu u určitého parametru, který není s „černou skříňkou“ měřen. Dále také platí, že charakteristiky samotné „černé skříňky“ – která má vlastně pro měření funkci etalonu – nemusí být trvale konstantní. Příklady přístrojů vhodných k použití této metody jsou měřidla hustoty (rezonančního typu), platinové odporové teploměry (ve spojení s metodami na bázi kalendářního času), dozimetry (včetně zdroje) a měřiče hladiny hluku (včetně zdroje).

Výběr z některých dokumentů pro akreditované laboratoře

Nalézt technicky odůvodněná doporučení dob do recalibrace je velmi obtížné. Je tudíž vhodné porozhlédnout se po dokumentech akreditačních orgánů platných pro kalibrační laboratoře, neboť u akreditovaných laboratoří je správná kalibrace používaných zařízení základním požadavkem a z toho plyne i nutnost pečlivého posouzení intervalů mezi opakovanými kalibracemi.

Stav v České republice

V našem státě byla dokumentace přístrojů psána jednotně podle ČSN 35 6506 [9], schválené 6. 9. 1983, nahrazené v roce 1997 normou ČSN EN 61187 [10] podle IEC 1187:1993. Požadavky na dobu mezi recalibracemi nebyly zpočátku uváděny vůbec, později začala být chápána doba platnosti specifikace jako omezená na dobu záruky, která byla určena obecnými předpisy a byla obvykle půl roku.

V národním podniku Tesla Brno, který byl u nás hlavním výrobcem elektronických měřicích přístrojů, byl okolo roku 1980 zaveden i program spolehlivosti s výpočty spolehlivosti přístrojů a životnostními zkouškami. Nikdy ale na základě tohoto programu

nebyly stanoveny intervaly mezi kalibracemi ani metody jejich úpravy a doba platnosti specifikace nebyla stanovena ani normami řady ČSN 35 65xx, které se týkaly měřicích přístrojů (a byly dosti podrobné).

Zákon č. 35/1962, o měrové službě (platný od roku 1962 do roku 1991), kterým byl (teprve) zrušen zákon č. 16/1872 ř. z. z doby Rakouska-Uherska, definoval vybraná stanovená měřidla a doby platnosti jejich ověření a pokusil se nepříliš úspěšně mimo regulovanou oblast stanovit i hlavní podnikové etalony s povinností opakovaného ověření, bez konkretizace požadovaného intervalu mezi ověřeními. V současné době je u nás mimo stanovená měřidla jen na uživateli, aby správně a vhodně určil rekalibrační interval. Proto je dále v tomto článku probírán přístup v zahraničí, kde lze najít konkrétnější údaje, kterými se může uživatel a podnikový metrolog při svém rozhodování o prvním stanovení doby rekalibrace inspirovat.

Výběr z přístupů používaných v zahraničí

Ve Velké Británii byly podrobně uvedeny obecné zásady stanovení intervalů mezi kalibracemi v roce 1993 v kapitole 6 dokumentu [11], vypracovaného za spoluautorství tehdejší organizace NAMAS (*National Measurement Accreditation Service*), ještě s odkazy na normy ISO 10012-1:1992 a BS 5718-1:1992.

V USA bylo kritérium doby dvanácti měsíců do další rekalibrace stanoveno již zmíněnou normou ANSI Z236.1-1983 [6] ještě před zavedením moderní elektroniky do přístrojů. S odkazy na tuto normu se lze setkat v mnoha dokumentech, zejména původem z Ameriky (např. v Mexiku). Později akreditační orgán *American Association for Laboratory Accreditation* (A2LA, www.a2la.org) v USA v dokumentu *R205 Specific Requirements: Calibration Laboratory Accreditation Program* (rev. 2001) zmiňuje formální požadavky na kalibrační intervaly. Intervaly mezi kalibracemi musí být stanoveny tak, aby bylo s určitou pravděpodobností zajištěno, že měření provedená na konci kalibračního intervalu nejsou mimo tolerance. Metoda využívaná k nastavení kalibračních intervalů by měla být založena na dokumentovaném zjištěním parametrů sledovaného etalonu.

Akreditační orgán státu Singapur SAC (*Singapore Accreditation Council*) uveřejnil v rámci údržby tamního celostátního systému akreditace laboratoří SINGLAS (*Singapore Laboratory Accreditation Scheme*), části *Accreditation Scheme for Laboratories*, dokument *Technical Note MET 001 Specific Requirements for Calibration and Measurement Laboratories* [12], obsahující zajímavá doplňková kritéria ukazující na správnou laboratorní praxi (GLP). Dokument nabízí úplnější pohled vycházející z názoru, že akreditace kalibrační laboratoře není omezena jen na posouzení samotných precizních přístrojů, ale může se týkat i poměrně velkých ne-

jistot podle typu práce a vybavení laboratoře. Kalibrace je jen jedním z prvků činnosti laboratoře, který sám o sobě není dostatečný k zajištění přesnosti měření. Ta je dána také výběrem a instalací etalonu, mezilhůtovými kontrolami, kalibracemi a správnou prací s přístroji. Poměr nejistot při kalibraci by měl být mezi 4 : 1 až 10 : 1, ale minimálně 2 : 1.

V Hongkongu v Číně je používán akreditační systém HOKLAS (*Hong Kong La-*

případech, kdy laboratoř má prokázanu mimořádnou schopnost zajistit interní kontrolu a uspěla při prověřování odborné způsobilosti v programu mezilaboratorních porovnaní. Doporučené maximální doby do rekalibrace vybraných elektrických a elektronických měřicích přístrojů podle systému v HOKLAS jsou pro základní orientaci a možnost porovnání s požadavky některých dalších jiných akreditačních orgánů uvedeny v *tab. 1*.

Tab. 1. Nejdelší doby mezi kalibracemi a mezilhůtovými porovnáními (v rocích) vybraných elektrických a elektronických měřicích přístrojů/zařízení podle akreditačních orgánů v některých světadílech (země/orgán); evropské země včetně ČR nevydaly konkretizovaný dokument, tj. vychází se pouze z obecných zásad uvedených v ILAC-G24:2007 [8]

Typ přístroje	Asie (Honkong, Čína/HOKLAS)		Afrika (Egypt/EGAC)		Austrálie (Nový Zéland/IANZ)	
	kalibrace	porovnání	kalibrace	porovnání	kalibrace	porovnání
multimetry	1		1		1	
referenční zdroje stejnosměrné (DC)			1		1	
děliče napětí DC			1		5	
etalony napětí AC/DC			2	1	5	
mosty RLC	5		3	1	3	1
etalony kapacity (C)	5	1	3	1	3	1
etalony indukčnosti (L)	5	1			3	1
etalony odporu (R)	5	1				
vysokofrekvenční zesilovače	3		3	1	3	1
etalony vysokofrekvenčního výkonu	3		1			
generátory signálu	1					
zdroje šumu					2	
zapisovače	5	≤0,5			5	≤0,5
poměrové transformátory	10				5	

boratory Accreditation Scheme), spravovaný organizací *Hong Kong Accreditation Service* (HKAS). Dokument *HOKLAS Supplementary Criteria No. 2* [13] obsahuje mj. požadavky na kalibraci elektrických a elektronických měřicích zařízení včetně doporučených dob do rekalibrace (*Appendix B Calibration Requirements For Electrical And Electronic Measuring Equipment*). Zde je třeba zdůraznit, že doporučené doby do rekalibrace podle systému HOKLAS jsou obecně považovány za maximální přípustné a v každém jednotlivém případě je požadováno, aby byla splněna také tato kritéria:

- zařízení je kvalitní a osvědčené, odpovídající stability,
- laboratoř má vybavení, personál a odborné znalosti k provádění odpovídající vnitřní kontroly,
- existuje-li podezření na přetížení nebo nesprávnou činnost či údaj o tom, že jedno či druhé nastalo, zařízení bude zkontrolováno ihned a poté opakovaně v poměrně krátkých časových intervalech tolikrát, až je možné prokázat, že jeho stabilita nebyla narušena.

Jestliže uvedená kritéria nejsou splněna, je třeba stanovit kratší rekalibrační intervaly než uvedené v dokumentu. Doba do rekalibrace může být prodloužena jen ve zvláštních

Egyptský akreditační orgán EGAC (*Egyptian Accreditation Council*, <http://egac.gov.eg/>) vydal v roce 2006 pod označením R02L zajímavý dokument, nyní již neplatný a běžnými (elektronickými) technikami nedostupný. V něm bylo uvedeno, že rekalibrační interval se stanovuje na základě nejméně tří předchozích kalibrací, které musí prokázat, že etalon je stabilní, a musí být zvolen tak, aby se etalon do uplynutí rekalibračního intervalu nedostal mimo specifikaci. Jestliže to historie etalonu prokáže, může být doporučená maximální doba do rekalibrace (viz *tab. 1*) prodloužena. Rekalibrační interval musí být zkrácen, když mezikalibrační kontroly a výsledky předchozích kalibrací indikují, že by se etalon dostal mimo specifikace, a může být prodloužen, jen jestliže libovolná mezikalibrační kontrola a výsledky předchozích kalibrací indikují, že etalon během nově stanovené doby do rekalibrace nepřekročil dané specifikace. Počítačové kalibrační sestavy musí být kalibrovány. Není-li měřicí zařízení oddělitelné od sestavy, musí být sestava kalibrována jako celek, staticky nebo dynamicky. Lze-li měřicí zařízení vyjmout ze sestavy, je kalibrováno konvenčními způsoby a kalibrace musí být doplněna verifikací sestavy včetně výpočetní části. Protože tento dokument EGAS R02L stanovoval podstatně podrob-

nější požadavky než mezinárodní dokumenty, byl v roce 2010 zrušen.

Za jedno z nejzdařilejších shrnutí požadavků na akreditované kalibrační laboratoře elektrických a elektronických přístrojů lze označit dokument vydaný australským akreditačním orgánem NATA (*National Association of Testing Authorities*) jako NATA Technical Note 7 [14]. V dokumentu je uvedeno, že elektronické přístroje lze použít jako referenční etalony tehdy, jsou-li splněny tyto podmínky:

1. Přístroj je velmi kvalitní se známou historií přesnosti a spolehlivosti.
2. Přístroj je kalibrován pravidelně, v předepsaných časových intervalech, vhodnou akreditovanou kalibrační laboratoří nebo národním metrologickým institutem, který je signatářem mezinárodní dohody o uznávání výsledků měření.
3. V kalibrační laboratoři je přinejmenším jeden další přístroj nebo referenční etalon odpovídající kvality pro mezilhůtová porovnání.
4. Pravidelná vzájemná porovnání referenčního etalonu a dalším etalonem jsou prováděna v předepsaných časových intervalech za účelem udržovat známou historii přesnosti.
5. Má-li etalon funkci automatické kalibrace proti interní referenci v přístroji (funkce *AutoCal*), je tato používána podle doporučení výrobce a její správnost je validována klasickou kalibrací.

Obdobné požadavky lze nalézt také v dokumentech jiných akreditačních orgánů, např. novozélandského IANZ (*International Accreditation New Zealand*), který je uvádí v dokumentu [15], bod 6.2, a také v části *Appendix 2 Calibration Intervals* (výťah viz tab. 1).

Závěr

Bouřlivý vývoj součástkové základny, pronikání elektroniky do měření ve všech oborech a zavádění měřicích systémů s počítači stále více zdůrazňují potřebu správně stanovit rekalibrační intervaly. Na jedné straně podstatně roste spolehlivost jednotlivých součástek, na druhé ale složitost nových přístrojů. S růstem hustoty integrace sice dochází k oddělení mnoha obvodů od vnějšího prostředí, současně však nové techniky stále menších prvků, zejména technika MOS, zvyšují náchylnost k poruchám v důsledku elektrostatického výboje (ESD).

Gordon Moore našel v roce 1965 dodnes platné empirické pravidlo, které říká, že „počet tranzistorů, které mohou být umístěny na integrovaný obvod, se při zachování stejné ceny přibližně každých osmnáct měsíců zdvojnásobí“.

Moorův zákon ukazuje následující směr vývoje:

- stále rostoucí stupeň elektronizace jakéhokoliv měření,
- kde je to jen trochu možné, převede se měřená veličina na elektrický signál a dále se zpracovává elektronicky,

- vývoj se zaměřuje více na komfortnost a spolehlivost měření, požadavků na zvyšování přesnosti je méně,
 - obsluha přístrojů je stále jednodušší, korekce zavádí elektronika,
 - multifunkční a multirozsahové přístroje jsou čím dál četnější.
- Moderní multifunkční a multirozsahový přístroj má:

- tisíce součástí, z nichž mnohé jsou integrované obvody,
- v jednom integrovaném obvodu je nyní až 10^{10} prvků,
- v měřicím přístroji je nyní něco mezi asi 10^2 až 10^{10} elektrických prvků, z nichž jen podstatně menší část ovlivňuje metrologické parametry (10 až 10^3 prvků).

S růstem integrace a složitosti neklesá metrologická spolehlivost přístrojů, protože současně velmi pokročila technika a pro metrologicky důležitá místa v zapojení přístroje jsou k dispozici mnohem kvalitnější prvky.

Rozvoj elektronizace přístrojů předbíhá možnosti při upřesňování a konkretizaci doby mezi kalibracemi. Proto převážná část dokumentů zůstává jen v obecné rovině, jak ukazuje např. [16].

Zjednodušeně lze konstatovat, že pro běžné použití elektronických měřicích přístrojů má být doba do první rekaliibrace určena podle doporučení výrobce, ale ne delší než jeden rok. Nejdříve po třetí kalibraci, tj. obvykle za dva roky od první kalibrace, je možné vyhodnotit vlastnosti přístroje podle historie kalibrací a podle toho i upravit rekalibrační interval.

Jestliže je elektronický přístroj ve výrobní lince, měly by být k dispozici kontrolní vzorky se známými parametry v rozsahu kontrolovaného výrobku, umožňující rychlou kontrolu přístroje včetně vlivu přívodů a ovládání při budování do linky.

Je-li elektronický přístroj zařazen jako etalon kalibrační laboratoře, měla by laboratoř mít i další přístroj srovnatelné přesnosti a provádět a vyhodnocovat mezilhůtové kontroly (tj. vzájemné porovnání s tímto druhým přístrojem v době mezi kalibracemi).

K podrobnějšímu studiu a k orientaci v problematice volby intervalu mezi kalibracemi lze doporučit pramen [5], kde jsou shrnuty a popsány nejzajímavější aktuální publikace věnované této oblasti metrologie.

Ve zbývajících dvou částech seriálu bude pojednáno o současné roli kalibračních laboratoří a bude popsána reálná úloha kalibrace stopek.

Literatura:

- [1] HORSKÝ, J. – HORSKÝ, P. – HORSKÁ, J.: *Měření a jeho vyhodnocení I: historický přehled*. Automa, 2014, roč. 20, č. 11, s. 45–47.
- [2] HORSKÝ, J. – HORSKÝ, P. – HORSKÁ, J.: *Měření a jeho vyhodnocení II: organizace metrologie*. Automa, 2014, roč. 20, č. 12, s. 44–46.

- [3] HORSKÝ, J. – HORSKÝ, P. – HORSKÁ, J.: *Měření a jeho vyhodnocení III: metrologický řád organizace*. Automa, 2015, roč. 21, č. 1, s. 32–35.
- [4] HORSKÝ, J. – HORSKÝ, P. – HORSKÁ, J.: *Měření a jeho vyhodnocení IV: výsledek měření, chyby, nejistoty, specifikace*. Automa, 2015, roč. 21, č. 4, s. 30–33.
- [5] HOGAN, R.: *5 Best Calibration Interval Guides*. [on-line]. [cit. 5. 5. 2015]. Dostupné na <www.isobudgets.com/5-best-calibration-interval-guides/>.
- [6] ANSI Z236.1-1983 *Liquid-In-Glass Thermometers Laboratory Use*. ANSI, 1983.
- [7] *Setting and Adjusting Instrument Calibration Intervals* [on-line]. Application Note, Agilent Technologies, 2013. [cit. 5. 5. 2015]. Dostupné na <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5991-1220EN.pdf>.
- [8] ILAC-G24:2007 *Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments* [on-line]. ILAC, 2007; *Pokyny pro stanovení kalibračních intervalů měřicích přístrojů*, překlad ČIA. [cit. 5. 5. 2015]. Dostupné na <www.cia.cz/dokumenty.aspx>.
- [9] ČSN 35 6506 (356506) *Elektronické měřicí přístroje. Dokumentace dodávaná s elektronickými měřicími přístroji*.
- [10] ČSN EN 61187 *Elektrická a elektronická měřicí zařízení – Průvodní dokumentace*. IEC 1187:1993.
- [11] *Supplement to NAMAS accreditation standard M10 Measurement and calibration systems* [on-line]. NAMAS, 1993. [cit. 5. 5. 2015]. Dostupné na <http://hdl.handle.net/10068/692278>.
- [12] SAC-SINGLAS MET 001 *Specific Requirements for Calibration and Measurement Laboratories* [on-line]. SAC-SINGLAS Field Specific Technical Notes, Feb 2010. [cit. 5. 5. 2015]. Dostupné na <www.sac-accreditation.gov.sg/Resources/sac_documents/Pages/Laboratory_Accreditation.aspx>.
- [13] *HOKLAS Supplementary Criteria No. 2 All Test Categories – Equipment Calibration and Verification* [on-line]. Issue No. 6. Hong Kong, HKAS, 2011. [cit. 5. 5. 2015]. Dostupné na <www.itc.gov.hk/en/quality/hkas/doc/SupplementaryCriteria/HOKLAS_SC-02.pdf>.
- [14] NATA Technical Note 7 *Electronic measuring equipment as reference standards* [on-line]. NATA, March 2013. [cit. 5. 5. 2015]. Dostupné na <www.nata.com.au/nata/phocadownload/publications/Guidance_information/tech-notes-information-papers/technical-note-7.pdf>.
- [15] *Specific Criteria for Accreditation, Electrical Testing* [on-line]. 3rd edition. IANZ, April 2008. [cit. 5. 5. 2015]. Dostupné na <www.ianz.govt.nz/resources/documents-2/supplementary-criteria/>.
- [16] *TPS 41 UKAS Policy on Metrological Traceability, Edition 4*. UKAS, June 2014.

doc. Ing. Jiří Horský, CSc.
(horsky1@upc.mail.cz),
doc. Dr. Ing. Pavel Horský,
Ing. Jana Horská, Ph.D.