



# Česká metrologická společnost

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

tel/fax: 221 082 254

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.csvts.cz/cms

## Kalibrační postup

**KP 1.2.2/06/14**

### ELEKTRONICKÉ LIBELY

přesné strojírenské

**Praha**

Říjen 2014

**Vzorový kalibrační postup** byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie

**Číslo úkolu:** VII/1/14

**Zadavatel:** Česká republika – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, organizační složka státu

**Řešitel:** Česká metrologická společnost

**Zpracoval:** Ing. Vladislav Batěk

© ÚNMZ, ČMS

**Neprodejné:** Metodika je volně k dispozici na stránkách ÚNMZ a ČMS. Nesmí však být dále komerčně šířena.

## 1 Předmět kalibrace

Tento kalibrační postup se vztahuje na kalibraci přesných elektronických libel používaných ve strojírenství pro měření rovinnosti, přímosti a rovnoběžnosti při montáži strojů. Předpokládá se rozsah měření do  $\pm 10$  mm/m a citlivost od 1  $\mu\text{m}/\text{m}$ . Postup se zabývá kalibrací libel analogových i digitálních.

Kalibrace se netýká sklonoměrů s rozsahem  $\pm 45^\circ$  až  $\pm 90^\circ$  a rozlišením  $0,1^\circ$  resp.  $0,5^\circ$ , které jsou určeny k jiným účelům a jejich kalibrace je popsána v samostatném postupu.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak prvotní kalibrace, resp. kalibrace v rámci vstupní kontroly měřidla (dále označované jako PK), tak i rekalibrace během používání měřidla (dále označované jako RK).

## 2 Související normy a metrologické předpisy

TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[1]
ČSN EN ISO 463	Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Délková měřidla – Konstrukční a metrologické charakteristiky číselníkových úchylkoměrů	[2]
ČSN 25 5502	Kontrolní a rýsovací nářadí. Přesnost průměrných ploch desek a hranolů	[3]
ČSN 25 5102	Kontrolní a rýsovací nářadí. Přesnost průměrných ploch a hran ocelových pravítek a úhelníků	[4]
ČSN 25 3710	Kontrolní a rýsovací nářadí. Sinusová pravítka	[5]
ČSN 01 4455	Jakost povrchu zaškrabaných ploch	[6]
ČSN EN ISO 3650	Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Etalony délek - Koncové měřky	[7]
ČSN EN ISO 14978	Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Všeobecné pojmy a požadavky na měřicí vybavení pro GPS	[8]
ČSN EN ISO 9001	Systémy managementu kvality - Požadavky	[9]
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení.	[10]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří	[1]
EA-4/02 M:2013	Vyjádření nejistoty měření při kalibraci	[12]
DIN 877	Neigungsmeßgeräte (Richtwaagen).	[13]
Ing. Brezina Igor	Základy metrologie úhlov ALFA 1982	[14]
WYLER (TESA), Taylor-Hobson a další výrobci	Návody a katalogy výrobců libel	[15]

### 3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci elektronických libel je dána příslušným předpisem organizace. Tito pracovníci se seznámí s kalibračním postupem upraveným na konkrétní podmínky kalibrační laboratoře nebo obdobného pracoviště provádějícího kontroly měřidel a souvisejícími předpisy.

Doporučuje se potvrzení odborné způsobilosti těchto pracovníků prokázat vhodným způsobem, například osvědčením o odborné způsobilosti, osobním certifikátem apod.

### 4 Názvosloví, definice



**Elektronická libela** je zařízení, které umožňuje odečítání relativního sklonu vůči směru zemské gravitace. Základem je tlumené kyvadlo, jehož poloha se odečítá s využitím indukčního nebo kapacitního principu.

**Generátor malých úhlů (kalibrátor libel)** je kalibrační zařízení k vyvození definovaného úhlu (sklonu) vůči vodorovné rovině. Funguje nejčastěji na principu sinusového nebo tangentového pravítka.

**Zákonná měřicí jednotka (vedlejší)** je pro úhlová měření stupeň, minuta a vteřina.

V technické praxi se používá poměrová jednotka mm/m, resp.  $\mu\text{m}/\text{m}$ . Mezi úhlovou vteřinou a mm/m, resp.  $\mu\text{m}/\text{m}$  platí pro malé úhly vztah:  $1'' = 4,848 \mu\text{m}/\text{m}$ , přibližně  $1'' = 5 \mu\text{m}/\text{m}$

**Citlivost libely** je poměrné číslo, které určuje, o kolik je třeba naklonit libelu, aby se ručka posunula o jeden dílek, nebo údaj změnil o 1 digit. V praxi se udává v jednotkách mm/m, resp.  $\mu\text{m}/\text{m}$ .

**Největší dovolená chyba (MPE)** je extrémní hodnota chyby daná jednou dvoustrannou specifikací s konstantními symetrickými mezními hodnotami.

Další termíny a definice jsou obsaženy v příslušných normách, zejména v TNI 01 0115 a v publikacích věnovaných metrologické terminologii.

### 5 Prostředky potřebné pro kalibraci

- Přístroj pro kalibraci libel, (generátor malých úhlů) s rozlišením  $1 \mu\text{m}/\text{m}$ ,
- průměrná deska, třída přesnosti 00 nebo 0,
- kontrolní trn  $\varnothing 40 \text{ mm}$  až  $60 \text{ mm}$ ,
- nožové pravítko,
- válec pro měření kolmosti,

- teploměr s měřicím rozsahem 16 °C až 26 °C, hodnota dílku stupnice 0,1 °C nebo 0,2 °C,
- vlhkoměr
- lupa se zvětšením min. 3x,
- tuširovací barva, např. berlínská modř nebo černá olejová barva,
- lapovací a tupírovací deska,
- roztírací poduška,
- jemný brousek, speciální keramický brousek, např. Arkansas, jemný brusný pilník, lapovací papíry apod.,
- sada šroubováků, imbusové klíče,
- čisticí prostředky, čistý benzín, např. lékárenský, vata, vlasový štětec, lněná utěrka, popř. jelenice.

Poznámka: Všechna použitá měřidla a pomocná měřicí zařízení musí být navázány na etalon vhodného rozsahu a přesnosti a musí mít platnou kalibraci.

## 6 Obecné podmínky kalibrace

Kalibrace elektronické libely se provádí v čisté místnosti bez nadměrného chvění a otřesů za těchto podmínek:

- Teplota prostředí:  $(20 \pm 2)$  °C,
- Změna teploty vzduchu za 1 hodinu: max. 1 °C,
- Relativní vlhkost vzduchu: max. 70 % RH.

Před vlastní kalibrací musí být elektronická libela umístěna minimálně 1 hodinu na průměrné desce za referenčních podmínek. Teplota kalibrované elektronické libely a měřidel použitých při její kalibraci se měří před zahájením kalibrace, po jejím skončení, případně i během kalibrace. Relativní vlhkost se měří před zahájením kalibrace.

## 7 Rozsah kalibrace

Při kalibraci elektronické libely se provádějí tyto zkoušky:

- Předběžná kontrola a případné úpravy elektronické libely (čl. 8),
- měření rovinnosti, rovnoběžnosti a kolmosti měřicích ploch (čl. 9.1),
- seřízení (nastavení nuly) elektronické libely (čl. 9.2),
- stanovení chyby elektronické libely (čl. 9.3),
- vyhodnocení kalibrace elektronické libely (čl. 10).

## 8 Kontrola dodávky a příprava

### 8.1 Kontrola dodávky

Zkontroluje se typ a počet dodaných elektronických libel, porovná se rozsah a druh dodaného příslušenství podle objednávky nebo podle dodacího listu. Kontroluje se, zda označení měřidla evidenčním číslem odpovídá údajům v objednávce.

Převzetí elektronické libely k recalibraci stvrzuje pracovník kalibrační laboratoře svým podpisem na kopii objednávky nebo na formuláři k tomu určeném. Při přebírání elektronické libely ke kalibraci se překontroluje, zda typ, výrobní číslo a příslušenství elektronické libely (náhradní baterie, seřizovací klíček) odpovídají údajům na objednávce nebo na dodacím listu. Překontroluje se čistota pouzdra libely a její uložení v něm.

### 8.2 Čištění a předběžná kontrola

Funkční plochy elektronické libely se odkonzervují, vyčistí technickým benzínem a vytřou do sucha utěrkou. Provede se vizuální kontrola, zejména se zjistí případná poškození nebo koroze funkčních ploch. (PK, RK)

Kontroluje se stav nabití baterie. Při přepnutí měřidla do pozice kontroly baterie se na displeji se musí objevit větší, než nejmenší požadované číslo, nebo ručka musí dosáhnout k příslušné značce. Pokud baterie nevyhoví, musí se vyměnit. Jinak libela měří chybně. (PK, RK)

Elektronická libela, která nevyhověla při vnější prohlídce a konstrukčnímu provedení dle výrobce, se vyřadí z dalších zkoušek.

### 8.3 Příprava měřidla

Zkontroluje se stav funkčních (dosedacích) ploch, rovinných i prizmatických. Libela musí na průměrné desce sedět bez kolébání a při posouvání nesmí škrábat. Jakost povrchu dosedacích ploch se kontroluje lupou. Kontroluje se, zda je pohyb ručky libely při pozvolné změně sklonu plynulý (ručka nesmí v žádném místě stupnice zadržovat). Kontroluje se čitelnost displeje libely (prostým okem). (PK, RK)

Lehce poškozená místa (drobná poškození, koroze) se upraví na lapovací desce, případné naražené rohy se srazí brouskem, nebo pilníkem. Po úpravě se libela znovu očistí. Větší úpravy lze provádět jen se souhlasem majitele měřidla. Při větším poškození dosedacích ploch se elektronická libela vyřadí, popř. odešle k opravě. (Pouze RK)

Kontroluje se stav baterie, zda není nafouklá, nebo potřísněná elektrolytem, kontrolují se kontakty baterie a případně se očistí lapovacím papírem. Ve vypnutém stavu se všechna točítka několikrát vytočí od jedné krajní polohy do druhé a pak se nastaví na střed. Obdobně se několikrát přepnou ve všech polohách všechny přepínače. (PK, RK)

## 9 Postup kalibrace

### 9.1 Měření rovinnosti, rovnoběžnosti a kolmosti měřicích ploch

Přímost měřicích ploch se kontroluje informativně nožovým pravítkem na průsvit.

Dovolenou chybu přímosti resp. rovinnosti výrobci zpravidla neuvádějí, očekáváme hodnotu srovnatelnou se základní dovolenou chybou (5  $\mu\text{m}/\text{m}$ ). (PK, RK)

Rovinnost zaškrabaných dosedacích ploch se kontroluje průměrným hranolem pomocí tuširovací barvy. Jako směrnou hodnotu lze považovat požadavek 1. třídy jakosti, tj. minimálně 24 dotykových plošek ve čtverci o straně 25 mm. (PK, RK)

V případě, že dosedací plochy se opírají o tuširovací desku pouze na hranách, srazí se tyto hrany jemným brusným kamenem. (Pouze RK)

Rovnoběžnost rovinné dosedací plochy s prizmatickou plochou se kontroluje na průměrné desce. Elektronická libela se na určeném místě vynuluje a potom se na stejném místě přiloží prizmatickou plochou na kontrolní trn. Chyba by měla být v mezích základní dovolené chyby (5  $\mu\text{m}/\text{m}$ ). (PK, RK)

Kolmost úhlové libely se kontroluje (informativně) na průměrné desce a válci pro měření kolmosti. Rozdíl mezi měřením rovinnou plochou na desce a prizmatickou plochou na válci očekáváme v mezích dvojnásobku dovolené základní chyby (10  $\mu\text{m}/\text{m}$ ). (PK, RK)

### 9.2 Seřízení elektronické libely (nastavení nuly)

Na vodorovně ustavené průměrné desce se vyznačí místo, kde bude prováděna kontrola libely. Obvykle se volí takové místo, kde rovinnost průměrné plochy vykazuje nejmenší chyby. Libela se přiloží ke kontrolnímu úhelníku, který fixuje polohu vodováhy na stanoveném místě. Při seřízení libely s analogovým ukazatelem postupujeme ve třech krocích:

#### 9.2.1 Nastavení ukazovatele na nulu při vypnuté libele

Libela je ve vypnutém stavu ustavena na průměrné desce. Pomocí šroubováku se pootočí šroubkem na analogovém ukazovateli tak, aby ručka ukazovala na nulu.

#### 9.2.2 Vyrovnání vnitřní základny (nastavení na otočku)

U analogové libely je kyvadlo s indukčním snímačem upevněno na vnitřní základně, kterou je potřeba vyrovnat s vnější měřicí základnou v těchto krocích:

- Libela se umístí na vyznačené místo na průměrné desce a zapne.
- Potenciometrem se nastaví nula. Pokud to není možné, přestaví se vnitřní základna imbusovým klíčkem 2 mm zezadu přístroje.
- V dalším kroku se libela na vyznačeném místě desky otočí o 180°.
- Ukazovatel by měl být na nule. Pokud tomu tak není, musíme provést korekci.
- Otáčíme nastavovacím klíčkem (imbus 2 mm) až se odchylka zmenší na polovinu.
- Přestavíme ukazatel potenciometrem na nulu.
- Libelu otočíme zpět do původní pozice. Indikátor by měl nyní ukazovat nulu. Pokud ne, celý postup opakujeme.

### 9.2.3 Kontrola nastavení elektrické nuly

Když nyní postavíme zapnutý přístroj na vodorovnou rovinu a potenciometr bude ve střední poloze, měla by ručka ukazovat přibližně nulu. To zaručuje správné měření při obou směrech sklonu. Pokud by tento požadavek nebyl splněn, musí se nastavení opakovat

U některých jiných typů analogových elektronických libel se vnitřní základna seřizuje například pomocí mikrometrických šroubů. Postup seřízení je analogický popsanému postupu. Digitální libely nemají zpravidla oddělenou vnitřní základnu. I zde však platí zásada, že v nulové poloze libely musí být potenciometr nastavení nuly přibližně ve středu rozsahu.

Alternativně lze libelu seřizovat přímo na přístroji pro kalibraci libel, pokud je tento přístroj dostatečně stabilní. V tomto případě se kalibrátor vyrovná do vodorovné polohy a potenciometr libely nastaví do střední polohy. Nyní se polovina odchylky ručky od nuly seřídí nakloněním vnitřní základny pomocí klíčku a druhá polovina odchylky se srovná přestavením kalibrátoru. Libela se na stejném místě otočí o 180° a postup se opakuje. Začíná se na hrubším rozsahu a přejde se postupně na až na nejjemnější rozsah libely.

### 9.3 Měření chyby elektronické libely

Elektronická libela se umístí na přístroj pro kalibraci libel, popř. generátor malých úhlů (dále jen přístroj) a ustaví se do vodorovné polohy, resp. tak, aby libela ukazovala nulový údaj. Přístroj se vynuluje. Potom se přístroj vychyluje z vodorovné polohy a ručka ukazovatele se nastavuje na příslušnou čárku podle zvoleného kalibračního intervalu.

Chyba libely se vyhodnotí jako rozdíl mezi hodnotou nastavenou na libele a hodnotou, kterou ukazuje kalibrační přístroj, a to včetně znaménka.

$$Ch = L - K$$

Kde:

$K$  = Pravá hodnota čtená na kalibrátoru (skutečná)

$L$  = Nastavená (čtená) hodnota na libele

Z uvedeného vzorce vyplývá, že hodnotu čtenou na kalibrátoru je třeba brát se záporným znaménkem. Kalibrace se takto provede při obou sklonech libely a na všech rozsazích.

Kalibrace digitálních přístrojů se provádí obdobně s tím rozdílem, že zvolený kalibrační interval se zpravidla nastavuje na kalibrátoru a hodnoty se odečítají na libele. Ze shora uvedeného vzorce pak vyplývá, že chyby čtené na digitální libele se berou s kladným znaménkem.

Naměřené hodnoty se zapisují do tabulky. Měření se provede například třikrát až pětkrát a z naměřených hodnot se určí střední hodnota. Přitom se také vyhodnocuje opakovatelnost měření, pokud je specifikována.

## 10 Vyhodnocení kalibrace

Úchylky od nastavené hodnoty sklonu ( $\mu\text{m}/\text{m}$ ), resp. jejich aritmetické průměry se zanesou do záznamu o kalibraci, resp. do kalibračního listu. Zjištěné úchyly zvětšené o rozšířenou



nejistotu měření  $U$  se porovnají s dovolenými úchylkami, popř. dovolenými max. chybami. Jako kritérium se berou hodnoty mezních chyb podle specifikace výrobce. Pro přesné elektronické libely WYLER (TESA) se například uvádí:

Největší dovolená chyba (MPE) pro analogové libely:

$$\text{MPE} = 0,005 \text{ mm/m} + 1\% \text{ čtené hodnoty } ^*)$$

Největší dovolená chyba (MPE) pro digitální libely:

$$\text{MPE} = 1\% \text{ čtené hodnoty} + 1 \text{ digit } ^*)$$

\*) Uvedené hodnoty dovolených chyb jsou pouze informativní. Skutečné hodnoty pro příslušný typ libely je třeba vždy vyhledat v dokumentaci výrobce.

Měřidlo vyhoví, leží-li měřená hodnota, zvětšená o nejistotu měření  $U$  v mezích dovolených chyb. Pokud by měřená hodnota zvětšená o nejistotu měření ležela vně těchto mezí, ale sama měřená hodnota ležela v těchto mezích, nelze v takovém případě prokázat shodu ani neshodu a v kalibračním listě se uvede pouze výsledek měření ( $Y$ ) a příslušná nejistota měření ( $U$ ) ve tvaru  $Y \pm U$ .

Výrobce libely musí specifikovat dovolené chyby měření (MPE). Pro účely kalibrace po prodeji mají zákazníci volnost ve stanovení vlastních hodnot MPE. Elektronické libely, které nevyhoví předepsaným požadavkům, lze přeřadit do kategorie libel s omezeným použitím, pokud je tato kategorie v organizaci zavedena a pokud jsou uvedeny její mezní dovolené chyby, způsob použití a způsob označování (specifikováno v metrologickém dokumentu organizace, např. v metrologickém řádu).

## 11 Kalibrační list

Výsledky měření by měly být uváděny v souladu s normou ČSN EN ISO 17025 a jejího článku 5.10 – Uvádění výsledků. Jednou z forem je kalibrační list.

Výsledky kalibrace se uvedou v kalibračním listě nejčastěji tabulkou formou. Prohlášení shody se specifikací bývá u přesných přístrojů problém s ohledem na velikost stanovené nejistoty měření. Tabulka ukazuje výsledky kalibrace analogové elektronické libely TESA na citlivějším rozsahu:

Tab. 1

Měřený rozsah: II Citlivost $\pm 0,15 \text{ mm/m}$		Dovolená chyba $\pm(5+1\%)$ podle katalogu TESA $\mu\text{m/m}$	Největší naměřená chyba		Nejistota měření $\mu\text{m/m}$
Dílky	$\mu\text{m/m}$		Sklon $\xi$ $\mu\text{m/m}$	Sklon $\psi$ $\mu\text{m/m}$	
0	0	$\pm 5,0$	0	0	$\pm 3$
5	50	$\pm 5,5$	-1	-1	$\pm 3$
10	100	$\pm 6,0$	-2	-2	$\pm 3$
15	150	$\pm 6,5$	-2	-3	$\pm 3$

Obdobnou tabulku lze užít i při uvádění výsledků kalibrace digitální elektronické libely (rozsah měření je omezen):

Tab. 2

Měřený rozsah: II Citlivost 5 μm/digit		Dovolená chyba podle výrobce ±(1% +1 digit) μm	Největší naměřená chyba		Nejistota měření μm/m
Digit	μm/m		Sklon ξ μm/m	Sklon ψ μm/m	
0	0	±5,0	0	0	±6
20	100	±6,0	0	0	±6
40	200	±7,0	0	+5	±6
60	300	±8,0	0	+5	±6
80	400	±9,0	+5	+5	±6
100	500	±10,0	+5	+5	±6
120	600	±11,0	+5	+5	±6
140	700	±12,0	+5	+5	±6
160	800	±13,0	+5	+5	±6
180	900	±14,0	+5	+5	±6
200	1000	±15,0	+10	+5	±6

### 11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list by měl obsahovat tyto údaje:

- název a adresu kalibrační laboratoře,
- pořadové číslo kalibračního listu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,
- jméno a adresu zadavatele, popř. zákazníka,
- název, typ, výrobce a identifikační číslo kalibrované libely,
- datum přijetí libely ke kalibraci (nepovinné), datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.2.2/06/14),
- podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- měřidla použitá při kalibraci,
- obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření (etalony použité při kalibraci),
- výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- jméno pracovníka, který libelu kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko kalibrační laboratoře.

Akreditovaná kalibrační laboratoř navíc uvede přidělenou kalibrační značku, číslo laboratoře a odkaz na osvědčení o akreditaci. Součástí kalibračního listu je též prohlášení, že uvedené výsledky se týkají pouze kalibrovaného předmětu a kalibrační list nesmí být bez předběžného písemného souhlasu kalibrační laboratoře publikován jinak než celý.

Pokud provádí kalibrační, resp. metrologická laboratoř kalibraci pro vlastní organizaci, může být kalibrační list zjednodušen, případně vůbec nevystavován (výsledky kalibrace mohou být uvedeny např. v kalibrační kartě měřidla nebo na vhodném nosiči, popř. v elektronické paměti). V tomto případě je vhodné, aby kalibrační laboratoř zpracovala záznam o měření (s uvedenými měřeními hodnotami) a archivovala ho.

### 11.2 Protokolování

Originál kalibračního listu se předá zadavateli kalibrace. Kopii kalibračního listu si ponechá kalibrační laboratoř a archivuje ji zároveň se záznamem o kalibraci po dobu nejméně pěti let nebo po dobu stanovenou zadavatelem. Doporučuje se archivovat záznamy a kalibrační listy chronologicky. Výsledky kalibrace se mohou v souladu

s případnými podnikovými metrologickými dokumenty zanášet do kalibrační karty měřidla nebo ukládat do vhodné elektronické paměti.

### 11.3 Umístění kalibrační značky

Po provedení kalibrace může kalibrační laboratoř označit kalibrované měřidlo kalibrační značkou, popř. kalibračním štítkem nejčastěji s uvedením čísla kalibračního listu, datem provedení kalibrace, případně s logem laboratoře. Pokud to není výslovně uvedeno v některém interním podnikovém metrologickém předpisu nebo kupní smlouvě se zákazníkem, nesmí kalibrační laboratoř uvádět na svém kalibračním štítku datum příští kalibrace, protože stanovení kalibrační lhůty měřidla je právem a povinností uživatele.

## 12 Péče o kalibrační postup

Originál kalibračního postupu je uložen u jeho zpracovatele, další vyhotovení jsou předána příslušným pracovníkům podle rozdělovníku (viz čl. 13.1 tohoto postupu).

Změny, popř. revize kalibračního postupu provádí jeho zpracovatel. Změny schvaluje vedoucí zpracovatele (vedoucí kalibrační laboratoře nebo metrolog organizace).

## 13 Rozdělovník, úprava a schválení, revize

Uvedený příklad je pouze orientační a subjekt si může tuto dokumentaci upravit podle interních předpisů o řízení dokumentů.

### 13.1 Rozdělovník

Kalibrační postup		Převzal		
Výtisk číslo	Obdrží útvar	Jméno	Podpis	Datum

### 13.2 Úprava a schválení

Kalibrační postup	Jméno	Podpis	Datum
Upravil			
Úpravu schválil			

### 13.3 Revize

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

**14 Stanovení nejistoty měření (příklad výpočtu)**

Kalibrujeme elektronickou analogovou libelu na rozsahu  $\pm 150 \mu\text{m/m}$  a citlivostí  $10 \mu\text{m/dílek}$  na přístroji pro kalibraci libel (resp. generátoru malých úhlů), jehož délka ramene je  $L = 1000 \text{ mm}$  a nejmenší hodnota dílku stupnice indikačního zařízení  $0,001 \text{ mm}$ . Nejistota kalibrátoru je stanovena na  $U_e = 2 \mu\text{m/m}$ . Kalibrace se provádí za podmínek popsaných v tomto kalibračním postupu.

Pro stanovení nejistoty z opakovaných měření provedeme 5 nastavení na kraji měřicího rozsahu  $150 \mu\text{m/m}$  za různých podmínek měření. Naměřené hodnoty, odečítané na kalibrátoru, jsou:

$$(151; 153; 152; 154; 154,5) \mu\text{m/m}$$

Nejistota typu A z opakovaných měření:

$$u_A = \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot k_A = \frac{1,43}{\sqrt{5}} \cdot 1,4 = 0,90 \mu\text{m/m}$$

kde:  $s$  - Směrodatná odchylka určená na kalkulátoru

$n$  - Počet měření

$k_A$  - Koeficient určený v závislosti na počtu měření podle následující tabulky:

$n$	2	3	4	5	6	7	8	9
$k_A$	7,0	2,3	1,7	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2

Nejistotu typu A zahrneme pro zjednodušení do tabulky pro stanovení nejistoty kalibrace.

Kombinovaná nejistota měření při kalibraci analogové elektronické libely na rozsahu  $150 \mu\text{m/m}$  zahrnuje tyto složky:

- nejistotu přístroje pro kalibraci libel, zahrnující nejistotu určení měřené hodnoty na indikačním zařízení převzatou z kalibračního listu indikačního zařízení ( $u_e$ ),
- nejistotu z opakovaných měření chyby libely na kraji měřicího rozsahu ( $u_A$ ),
- nejistota způsobená čtením dílku (nastavením ne čárku včetně vlivu paralaxy), stanovena odhadem na  $1/10$  dílku ( $u_d$ ),
- složky nejistoty, charakterizující drobné vlivy, např. teplotní výkyvy, vliv vibrací, interpolaci dílků stupnice indikačního zařízení, polohu libely na stole přístroje apod. ( $u_{ost}$ ).

Odhad kombinované nejistoty měření při kalibraci elektronické libely

Veličina		Střední hodnota $\mu\text{m/m}$	Meze nejistot $\mu\text{m/m}$	Typ rozdělení	Dílčí nejistota $\mu\text{m/m}$	Citliv. koef.	Příspěvek k nejistotě $\mu\text{m/m}$
Etalon-tangentové pravítko $U_e = 2,0 \mu\text{m/m}$	$u_e$	-	2	2 norm.	1	1	1,00
Střední hodnota a nejistota z opakovaných měření	$u_A$	152,9	0,9	1 norm.	0,90	1	0,90
Chyba nastavení dílku (1/10 dílku = $1 \mu\text{m/m}$ )	$u_d$	-	1	$\sqrt{3}$ rovn.	0,58	1	0,58
Ostatní vlivy	$u_{ost}$	-	0,5	$\sqrt{3}$ rovn.	0,29	1	0,29
Střední citlivost libely		153					1,50

Rozšířená nejistota měření pro  $k = 2$ :

$$U = 2 * 1,50 = 3,0 \mu\text{m/m}$$

Nejistotu určenou pro konec rozsahu zobecníme pro zjednodušení pro všechny kalibrované úseky rozsahu. (Viz tab. 1).

Odečtená hodnota na konci rozsahu  $L = 150 \mu\text{m/m}$  je  $K = (153 \pm 3) \mu\text{m/m}$ .

Chyba měření libely je potom podle vzorce (1)

$$Ch = L - K = 150 - (153 \pm 3) = (-3 \pm 3) \mu\text{m/m}$$

Chyba libely je tedy záporná. Při stanovení nejistoty kalibrace pro digitální libelu postupujeme stejným způsobem s tím, že se nejistota zvýší o velikost digitálního kroku.

## 15 Validace

Kalibrační metody podléhají validaci v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17025 čl. 5.4. Validační zpráva je uložena v archivu sekretariátu ČMS.

### Upozornění

Kalibrační postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby jej organizace přizpůsobila svým požadavkům s ohledem na své metrologické vybavení a konkrétní podmínky. V případě, že střediskem provádějícím kalibraci je akreditovaná kalibrační laboratoř, měl by být kalibrační postup navíc upraven podle příslušných předpisů (zejména MPA a EA).