



# 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 6.1.2/03/15**

### MECHANICKÉ STOPKY

navázané s využitím internetu

**Praha**  
Říjen 2015

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

**Číslo úkolu:** VII/1/15

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

**Řešitel:** Česká metrologická společnost

**Zpracoval:** Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.

© 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 je určen pro kalibraci mechanických stopek (ručně spínaných měřidel časových intervalů s mechanickým ovládáním a analogovou indikací, časoměrných zařízení, analogových stopek, dále jen stopek) s časem kyvu setrvačnicku (0,01; 0,02; 0,1; 0,2) s.

Měřenou veličinou je časový interval v rozsahu (120 – 3600) s.

Pro kalibraci je používán kalibrační postup **porovnání s etalonovými hodinami**.

Princip kalibrace spočívá v porovnání údajů kalibrovaných stopek a přesných elektronických hodin realizovaných na počítači s pomocí internetu. Podrobněji viz poznámka 1 v příloze.

Metodika je v souladu s požadavky dokumentů [1], [2], [3], [4], [6], [9].

Metodika porovnání s etalonovými hodinami je určena převážně pro nekomerční použití, kdy je navržený použitý program freeware. Pro komerční použití jsou podrobnosti uvedeny v poznámce 4 na konci metodiky.

## 2 Související normy a metrologické předpisy

Slovník JCGM 200:2008 2008 International vocabulary of Metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM) a International Vocabulary of Terms in Legal Metrology Vydaného v roce 2000: OIML je ve sborníku TERMINOLOGIE Z OBLASTI METROLOGIE (2. vydání) dostupné na [1]

<http://www.unmz.cz/urad/sborniky-aktualni>

- Stopwatch and Timer Calibrations (Edition 2010) Jeff C. [2]  
Gust, Michael A. Lombardi, NIST Special Publication 960-12
- IAAF Calibration and Testing Manual Edition 2010 [3]  
INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ATHLETICS  
FEDERATIONS (IAAF)
- [http://www.sp.se/en/index/services/timekeeper\\_and\\_stopwatch/sidor/default.aspx](http://www.sp.se/en/index/services/timekeeper_and_stopwatch/sidor/default.aspx) [4]
- Technical Guide 8 Calibration of Stopwatches, Measurement Standards Laboratory of New Zealand [5]
- ISO 10553:2003 ITTC Recommended Procedures and Guidelines 7.6-02-06 – [6]  
Sample Work Instructions Calibration of Chronometers with  
Pointer Indication
- Doc. Ing. Jiří Horský CSc., *Kalibrace zařízení pro měření [7]  
času nejjednoduššími prostředky*, Metrologie, 2/2013, strana  
13
- Doc. Ing. Jiří Horský, *Metrologie času a frekvence v praxi*, [8]  
Metrologie 3/2012, str. 6
- Kalibrační postup DIGITÁLNÍ STOPKY (ČMS) [9]  
KP 6.1.2/02/14/N
- TNI 01 0115 Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné [10]  
pojmy a přidružené termíny (VIM)
- ČSN EN ISO 10012 Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření [11]  
a měřicí vybavení.
- ČSN EN ISO/IEC 17025 Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost [12]  
zkušebních a kalibračních laboratoří
- EA – 4/02 M:2013 Vyjádření nejistoty měření při kalibraci [13]

### 3 Kvalifikace pracovníků provádějící kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci 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 dokladovaným proškolením, osvědčením o odborné způsobilosti, osobním certifikátem apod. Doporučuje se reakční doby pracovníků prověřit vhodným způsobem testy reakční doby. Podrobněji viz poznámka 2 v příloze. Základní potřebné znalosti jsou pro informaci v přílohách tohoto postupu.

Kvalifikace se musí dlouhodobě plánovitě udržovat a obnovovat. Vhodné je k tomu například i samostudium zařazené do plánu vzdělávání periodicky za vhodné období.

Pokud pracoviště kalibraci podle metodiky kalibrace dlouhou dobu neprovádí, doporučuje se zařadit cvičné provedení kalibrace k udržení kvalifikace (například po půl roce).

Osvědčená je i metoda, kdy pracovník provádí nejprve několikrát kalibraci se školitelem, například technickým vedoucím laboratoře, (signátorem), další pod dohledem a po absolvování a vyhodnocení takovéto skupiny kalibrací je pověřen pracovat samostatně.

## 4 Názvosloví, definice

Názvosloví a definice jsou obsaženy v příslušných normách (viz čl. 2), zejména v TNI 01 0115 a v publikacích věnovaných metrologické terminologii a krystalovým oscilátorům [1], [9]:

- **mechanické stopky** - měřidlo časového intervalu, u kterého je měřený časový interval určen mechanickým generátorem kmitů a sumačním členem s ukazatelem,
- **měřicí časový interval** - definovaný časový úsek, během kterého se počítají kmitů mechanického generátoru stopek.
- **doba kyvu** - poloviční časový interval, vymezený dvěma nejbližšími stejnými polohami setrvačnicku hodinového strojku.

## 5 Prostředky potřebné pro kalibraci

### 5.1 Měřidla a pomocná měřicí zařízení pro kalibraci

Počítač s připojením na internet.

Nainstalovaný **program SP TimeSync** (Freeware pro nekomerční použití).

Nastaveno připojení SP TimeSync na časový server **ntp2.ufe.cz**. nebo jiný server stratum 1 nebo stratum 2, ke kterému je z místa měření dobré internetové připojení.

Doporučený server je **ntp2.ufe.cz**, starší adresa byla pro připojení **time.ufe.cz**.

Teploměr na monitorování teploty prostředí.

### 5.2 Návaznost

**Etalon času ČR zajišťuje Laboratoř Státního etalonu času a frekvence (přidružená laboratoř ČMI), Ústav fotoniky a elektroniky, Akademie věd ČR, v.v.i. Chaberská 57, 18251, Praha 8 - Kobylisy, Česká republika.**

Distribuce času UTC(TP) je služba pro veřejnost. Přesný čas UTC(TP) je nepřetržitě šířen v síti Internet protokolem NTP (Network Time Protocol) pomocí časového serveru **ntp2.ufe.cz**.

Časový server **ntp2.ufe.cz** je přímo navázaný na UTC(TP), tedy na národní časovou stupnici vytvářenou v Ústavu fotoniky a elektroniky (ÚFE), Akademie věd ČR.

### 5.3 Program SP TimeSync

K synchronizaci hodin je možné použít některý z volně šířených programů, jako je SP TimeSync nebo Dimension 4 nebo řada dalších.

V příkladu je použit je program SP TimeSync stažený z <http://www.spdialer.com/timesync/>, protože nezatěžuje počítač a poskytuje přehledně všechny podstatné informace o čase i o stavu připojení k časovému serveru. Pro nekomerční použití je tento program freeware, pro komerční použití viz podrobněji v poznámce 4 na konci metodiky.



Obr. 1 Panely programu SP TimeSync

V okně **Time client** nastavíme:

Adresa časového serveru TimeCZ je: **ntp2.ufe.cz**.

V okně **Synchronizace každých** nastavíme periodu synchronizace času. Je doporučeno nastavit na 1 hodinu nebo více, aby server nebyl zbytečně zatěžován, při kalibraci nebude automatická synchronizace využita, při kalibraci stopky postačí načtení času z internetu a synchronizace hodin vždy znovu před měřením. Jen pro kalibraci krátkých časů na přechodnou dobu volíme periodu dotazu krátkou

Načtení času do použitého počítače z internetu při kalibraci pro delší časy je provedeno vždy znovu před měřením ručně pokyny:

**načti čas z internetu a seřídít čas v okně časová informace.**

Je možné použít i jiný program umožňující dosáhnout obdobné vlastnosti jako SP TimeSync (například Dimension 4 a j.. Pro nekomerční použití je i Dimension 4 program freeware, pro komerční použití viz podrobněji poznámce 4 na konci metodiky).

## 6 Obecné podmínky kalibrace

Kalibrace stopky se provádí v běžných laboratorních (pokojevých) podmínkách  $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ , s relativní vlhkostí vzduchu v rozsahu (20 - 75) % při ustálené teplotě. Doporučuje se  $(23 \pm 2)\text{ °C}$ . V průběhu kalibrace by nemělo docházet ke změnám teploty větším, než cca  $2\text{ °C}$ . Při kalibraci stopky zbytečně dlouho neohříváme držením v ruce.

## 7 Rozsah kalibrace

- Zjištění chyby stopky pro časový interval velké (sekundové) stupnice,
- zjištění chyby stopky pro časový interval malé stupnice, 30 min / 60 min nebo maximální rozsah stopky,
- polohu stopky při kalibraci odsouhlasíme se zákazníkem, přednostně se volí poloha svislá, ovládáním nahoru,
- vyhodnocení měření,
- měření provedeme při asi 90 % natažení pera hodinového strojku.

## 8 Kontrola dodávky a příprava ke kalibraci

### 8.1 Přejímání zakázky

Analogové stopky jsou obvykle méně přesné než stopky digitální a úplná kalibrace analogových stopek je dražší, než u digitálních protože je delší. Proto při přejímání zakázky se provede nejen vstupní kontrola, ale doporučuje se i odsouhlasení se zákazníkem požadovaného rozsahu kalibrace v závislosti na předpokládaném použití, to je zejména:

1. zda bude kalibrace provedena pro polohu stopek vodorovně i svisle,
2. zda bude kalibrace provedena pro každou stupnici a v kolika bodech.
3. počet opakování měření (hlavně pro kratší časy).

Minimální rozsah kalibrace je kontrola přesnosti pro čas pro rozsah velké stupnice, obvykle necelých 60 minut, ten musí být proveden vždy.

Dále je uveden doporučený rozsah kalibrace v závislosti na provedení stopek.

### 8.2 Kontrola dodávky

Kontrola, zda jsou stopky jednoznačně identifikovatelné. Pokud nemají uvedeno výrobní číslo, musí se dohodnout se zadavatelem kalibrace, jak budou jednoznačně identifikovány.

### 8.3 Čištění a předběžná kontrola

Vnější prohlídka stopek, zda stopky nemají viditelné závady a nejsou mechanicky poškozené.

Kontrola displeje, zda je v celém rozsahu čitelný.

Kontrola spolehlivosti spínacích tlačítek (opakované zapnutí a vypnutí stopek).

Stopky, které nevyhověly při předběžné kontrole nebo vnější prohlídce se vyřadí z dalších zkoušek.

### 8.4 Příprava měřidla

Před kalibrací jsou stopky nejméně 15 minut v prostředí, kde bude provedena kalibrace.

Před kalibrací je počítač zapnutý nejméně 15 minut.

Analogové stopky by měly vydržet nejméně 3 hodiny v provozu po natažení.

#### 8.4.1 Vnější prohlídka

Před začátkem technické části zkoušky se zjišťuje a je třeba překontrolovat tyto části:

- Upevnění stupnice, kontrolujeme její nepohyblivost vůči tělesu stopek a vůči ručičkám,
- celistvost všech bodů stupnice (otěr bodů stupnice ručičkami apod.),
- upevnění ručiček, jejich chod a postavení v nulové poloze,
- ručičky musí být celé, konce nezkřivené,
- chyba postavení v nulové poloze nepatrná - srovnatelná s šířkou špičky ručičky,
- ručičky se nesmí po celém obvodu třít v žádném bodě ani o sebe, ani o stupnici,
- vrchní skleněný kryt musí být celý, neporušený (ani prasklé sklo), po obvodu nepoškrabaný,
- kryt musí být pevně uložen v pouzdře, nesmí se dát snímat,
- chod spouštěcího tlačítka musí vykazovat lehký, nezadrhující chod, bez zjevných potíží při stlačování,
- ovládání jednotlivých ručiček musí pracovat bezchybně.

#### 8.4.2 Přezkoušení funkce:

Účelem této činnosti je zjistit, zda stopky nevykazují velké chyby. V opačném případě se doporučí zadavateli kalibrace jejich nastavení na hodinářském vibrografu nebo obdobném zařízení. Při zkoušce postupujeme následovně:

Opakovaným stisknutím spouštěcího tlačítka, (alespoň 10 x), kontrolujeme, zda se ručičky vracejí bezpečně do nulové polohy.

Mechanické stopky se úplně natahnou a přezkouší se funkce chodu stopek.

Pokud není zadavatelem stanoveno jinak, měření mechanických stopek probíhá hlavně při poloze stupnicí dopředu a při asi 90 % natažení pera. Jako ekvivalentní tomuto stavu se uvažuje a provádí postup, kdy pero stopek je nataženo na 100 % a následně jsou stopky nechány v chodu přibližně 5 min. Poté je možno zahájit měření.

### 8.5 Specifické vlastnosti a poznámky k analogovým stopkám

Analogové stopky nejsou zařízení vhodné pro měření s většími nároky na přesnost. Vyhoví pro měření s požadovanou přesností od několika setin procenta. Podle [2] *IAAF Calibration and Testing Manual* Edition 2010 international association of athletic federations (IAAF) se analogové stopky nepoužívají pro přesná měření v atletice.

Parametry stopek od výrobce se obvykle velmi těžko dohledávají.

Některé údaje najdeme v [6].

Kvalitativní třídění mechanických stopek podle [6] ukazuje tab. 1 a je uvedené jen pro informaci, není závazné.

Analogové stopky		Chyba na minutové stupnici v sekundách při době měření				Chyba na sekundové stupnici v sekundách při době měření			
	Doba tiků	2 min	4 min	15 min	30 min	3s	6s	30s	60s
vynikající	0,01	±0,24				±0,1			
	0,02		±0,3				±0,1		
	0,1			±0,4				±0,2	
	0,2				±0,6				±0,35
prvotřídní	0,1			±0,5				±0,25	
	0,2				±0,1				±0,4
vyhovující	0,1			±0,8				±0,25	
	0,2				±1,6				±0,4

Požadovaná minimální doba chodu po natažení a doba chodu před začátkem kalibrace

Doba tiků	Doba chodu před začátkem kalibrace	Doba chodu po natažení
0,01	20s	10 min
0,02	20s	20 min
0,1	3min	3h
0,2	3 min	3h

## 9 Postup kalibrace

### 9.1 Princip kalibrace

Stanovení chyby časové základny stopek je založeno na měření časového intervalu. Etalonové hodiny se zobrazují na počítači připojeném na internet s pomocí signálu odvozeného od státního etalonu času ČR nebo jiného serveru stratum 1. K synchronizaci hodin musí být použit vhodný program. Dále je doporučen SP TimeSync, který je pro nekomerční použití freeware. Analogové stopky jsou značně lineární zařízení.



Nejistota měření je určena převážně vlivem ručního spínání a parametry setrvačnicku s vratnou pružinou. Chyba vlivem rozdílu reakční doby obsluhy při zapnutí a při vypnutí stopek je dominantní složka nejistoty. Relativní vliv rozdílu reakční doby při sepnutí a při vypnutí stopek je tím menší, čím je doba měření delší. (Chyba vlivem reakční doby obsluhy nezávisí na délce měření, a proto se pro delší dobu měření uplatní relativně méně.) Proto je nejpřesnější kalibrace pro časový interval, který volíme co možná nejdelší.

Podrobněji viz poznámka 4 v příloze.

## 9.2 Doporučený rozsah kalibrace mechanických stopek

Sestává ze:

- Zjištění chyby stopek pro časový interval velké (sekundové) stupnice,
- zjištění chyby stopek pro časový interval malé stupnice, 30 min / 60 min nebo maximální rozsah stopek,
- polohu stopek při kalibraci odsouhlasíme se zákazníkem, přednostně se volí poloha svislá, ovládáním nahoru,
- vyhodnocení měření,
- měření provedeme při asi 90 % natažení pera hodinového strojku.

### 9.2.1 Zjištění chyby stopek s časem kyvu setrvačnicku 0,1s nebo 0,2s (doporučení)

- Chyba měření časového intervalu se zjišťuje pro měřicí časový interval maximální hodnoty, kterou má velká (vteřinová) stupnice mechanických stopek. Pro stopky s časem kyvu setrvačnicku 0,1 s a 0,2 s je to obvykle 30 s nebo 60 s,
- takto provedeme 5 měření v horizontální poloze stopek se stupnicí nahoru a 5 měření ve vertikální poloze stopek tak, aby spouštěcí tlačítko stopek směřovalo nahoru,
- zjištění chyby stopek pro časový interval 30 min / 60 min,
- chyba měření časového intervalu se zjišťuje pro měřicí časový interval maximální hodnoty, kterou má minutová (malá) stupnice mechanických stopek. Pro stopky s časem kyvu setrvačnicku 0,1 s a 0,2 s je to obvykle 30 min nebo 60 min,
- měření provedeme obdobně, nastavený časový interval na zařízení bude 30 min/60 min. První měření provedeme v horizontální poloze se stupnicí vzhůru. Druhé měření provedeme ve vertikální poloze tak, aby spouštěcí tlačítko stopek směřovalo nahoru. Třetí měření provedeme v libovolné šikmé poloze,
- rozdíl každých dvou naměřených hodnot nesmí být větší než dvojnásobek času kyvu setrvačnicku. V opačném případě kontrolujeme technický stav stopek, resp. opakujeme měření počáteční chyby.

### 9.2.2 Zjištění chyby stopek s časem kyvu setrvačnicku 0,01 s nebo 0,02 s (doporučení)

- Pro tento typ mechanických stopek (s vysokým rozlišením) zjišťujeme jen jednu souhrnnou chybu pro časový interval, který je dán asi 95 % rozsahu sekundové stupnice. Hodnota bývá 60 s nebo 3 min, je závislá na typu mechanických stopek (tento typ mechanických stopek je velmi vzácný),
- měření provedeme při asi 90% natažení pera hodinového strojku,

- naměřené hodnoty zapisujeme do záznamu o měření,
- vyhodnocení měření,
- pro mechanické stopky s časem kyvu setrvačnicku 0,1 s a 0,2 s se vyhodnocení měření skládá z následujících výpočtů:
  - Výpočet střední chyby stopek pro časový interval velké (sekundové) stupnice,
  - Výpočet chyby stopek pro časový interval 30 min / 60 min,
  - Výpočet chyby pro stopky s časem kyvu 0,01 s a 0,02 s.

### 9.3 Kalibrace metodou porovnání s etalonovými hodinami podle internetu

#### Postup kalibrace

Princip kalibrace spočívá na porovnání časového intervalu zvolené délky stanoveného podle etalonových hodin na počítači s časovým intervalem zobrazeným na stopkách.

Etalonový čas odečítáme na počítači zobrazený pomocí SP time Sync.

Poznámka: - sledujeme zpoždění přenosu na síti, které nám umožní program SP TimeSync, pokud by přesáhlo 0,1 s, zvolíme raději jiný server nebo jinou dobu kalibrace.

Porovnáním délky časového intervalu podle údaje hodin z počítače s údajem naměřeným stopkami, získáme chybu stopek pro dobu měření

Doporučuje se před započítím kalibrací posoudit stabilitu hodin počítače, například tím, že porovnáme s etalonovým časem pomocí SPTimeSync o kolik se počítač za určitou dobu (například za hodinu předejde nebo zpozdí. Na základě toho je možné posoudit požadovanou četnost navázání při kalibraci.

Zaznamenáme podmínky měření, to je:

- Teplota ( $23 \pm 5$ ) °C.

Etalonový čas odečítáme na počítači synchronizovaném pomocí programu SP TimeSync.

V **SP TimeSync** Otevřeme okno **Časová informace**,

- Klikneme na: **Seřadit čas**,
- Klikneme na: **Načti čas z internetu**,
- Pokud je **rozdíl** menší než 0,05 s je navázání vyhovující, případně můžeme kroky **Seřadit čas** a **Načti čas z internetu opakovat**, až bude **rozdíl** blízký k nule (obvykle pod 0,02 s).

Zkontrolujeme (a zapíšeme do záznamu z měření).

- **Rozdíl** časů místního v počítači a serveru (pod 0,05 s vyhovuje),
- **Zpoždění** na síti (pod 0,05 s vyhovuje), pokud je nad, zkusíme znovu.

Pokud i nyní není navázání vyhovující:

- zkusíme zvolit jiný časový server nebo jinou dobu kalibrace.

#### Start

kalibrace provedeme ve zvolený čas zobrazený v **SP TimeSync**, okno **časová informace** řádek **místní čas**.

- V okamžiku, kdy naskočí zvolený místní čas, zobrazený jako **místní čas** v SP time Sync, **sepneme stopky**.

## Stop

Ve zvolený čas k ukončení měření, například za 50 minut,

- podle SP time Sync znovu **načteme čas z internetu**.

Zkontrolujeme (a zapíšeme do záznamu z měření),

- **Rozdíl** časů místního v počítači a serveru (pod 0,05 s vyhovuje),
- **Zpoždění** na síti (pod 0,05 s vyhovuje),

Pokud je **rozdíl** nebo **zpoždění nad 0,05 s** zkusíme zopakovat postup:

- Klikneme na: **Seřídít čas**,
- Klikneme na: **Načti čas z internetu** a zkontrolujeme, zda je výsledek lepší.

V okamžiku, kdy naskočí námi zvolený čas ukončení měření, zobrazený jako **místní čas** v SP time Sync, vypneme stopky.

## 10 Vyhodnocení kalibrace

Výstupní veličinou při kalibraci měřidel časového intervalu je absolutní chyba údaje kalibrovaných stopek pro příslušné hodnoty měřeného časového intervalu. Pro jinou dobu měření se dosáhne přepočtením:

- **minuta**, značka **min**, 1 min = 60 s,
- **hodina**, značka **h**, 1 h = 60 min = 3600 s,
- **den**, značka **d**, 1 d = 24 h = 86 400 s.

Nejprve přepočteme údaj času na sekundy.

$N = \text{Naměřený čas} = \text{naměřeno sekund} + 60 \times \text{naměřeno minut} + 3600 \times \text{naměřeno hodin} = N_S$

$E = \text{Etalonový čas} = \text{zobrazeno sekund} + 60 \times \text{zobrazeno minut} + 3600 \times \text{zobrazeno hodin} = E_S$

**Chyba stopek  $\Delta T_{24hod}$**  pro čas přepočtený na 24 hod v sekundách je

$$\Delta T_{24hod} = (N_S - E_S) \times 86400 / N_S$$

Do kalibračního listu zaznamenáváme naměřenou chybu přepočtenou na zvolený časový interval, obvykle podle užití u digitálních stopek to je 1 den (24 hodin) u analogových 1 hodina.

## 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.

### 11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list podle normy ČSN EN ISO 17025 by měl obsahovat tyto údaje:

- a) název a adresu kalibrační laboratoře,
- b) pořadové číslo kalibračního listu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,
- c) jméno a adresu zadavatele, popř. zákazníka,
- d) název, typ, výrobce a identifikační číslo kalibrovaných stopek,
- e) datum přijetí stopek ke kalibraci (nepovinné), datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- f) určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 6.1.2/03/15),

- g) podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- h) měřidla použitá při kalibraci,
- i) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření (etalony použité při kalibraci),
- j) výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- k) jméno pracovníka, který stopky kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko kalibrační laboratoře.

Výsledek měření se udává v souladu s ILAC-P14:01/2013 Politika ILAC pro nejistoty při kalibraci, bod 6.2 pro pravděpodobnost pokrytí přibližně 95 %. Proto se do kalibračního listu uvede:

**„Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu k, který odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95 %.“**

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 nutné, aby kalibrační laboratoř zpracovala záznam o měření (s uvedenými měřenými hodnotami) a archivovala jej.

Možnosti udávání výsledků má podrobněji řešit revize normy ISO/IEC 17025:2017.

Akreditovaná kalibrační laboratoř navíc uvede akreditační značku a odkazy na akreditaci, ILAC MRA i odkazů na signatářství mezinárodních dohod o vzájemném uznávání výsledků akreditace v souladu s pokyny v MPA 00-04-13, vydaném ČIA.

## 11.2 Protokoly

Originál kalibračního listu se předává zadavateli kalibrace. Kopii kalibračního listu si ponechá kalibrační laboratoř a archivuje ji po dobu nejméně pěti let nebo po dobu stanovenou zadavatelem zároveň se záznamem o kalibraci. Doporučuje se archivovat záznamy a kalibrační listy chronologicky. Výsledky kalibrace se mohou v souladu s případnými podnikovými metrologickými dokumenty zanašet do kalibrační karty měřidla nebo ukládat do vhodné elektronické paměti. Pokud jsou k dispozici výsledky více rekalibrací, doporučuje se sledovat trend driftu stopek (viz ČSN EN ISO 17025, odstavec 5.9.1) a podle toho případně opravit rekalibrační interval.

## 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 na podnikové síti nebo 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).

Doporučuje se plánovitě provádět periodické revize kalibračních postupů. Při revizi hodnotíme nejen aktuálnost provedení postupu, ale i historii kalibrací použitých etalonů a přiměřenost stanoveného CMC. Pro neakreditované laboratoře je přiměřená lhůta mezi revizemi obvykle 5 let, pro akreditované laboratoře je výhodné využít k revizi plánované termíny reakreditace.

### 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)

**Předmět kalibrace: analogové stopky s dobou tiků 0,1 s.**

Metoda přímého porovnání s etalonem (nazvaná Direct Comparison Metod v NIST Special Publication 960-12), str. 25 až 37.

Etalonové hodiny jsou v PC, synchronizované s časovým serverem.

Nejistota kalibrace se stanoví podle modelu EA 4/02, příloha 2 příklad S9 a podle doporučení a příkladu výpočtu v NIST Special Publication 960-12), str. 25 až 37.

Použité kalibrační zařízení: etalonové hodiny, zobrazené pomocí internetu a programu SPTi-meSync připojené k serveru stratum 1 time.ufe.cz

Hlavní složkou nejistoty je rozdíl reakčních dob obsluhy při sepnutí povelů start a stop

Chyba frekvence serveru pro time.ufe.cz zanedbatelná ( $2^{-20} = 9,5 \cdot 10^{-7}$ )  
 Doba tiku kalibrovaných stopek 0,10 s  
 Variabilita připojení etalonových hodin na internetu 0,015 s  
 Rozdíl reakční doby obsluhy mezi zpožděním pro start a pro stop 0,10 s  
 Reakční čas obsluhy-směrodatná odchylka 0,15 s  
 V příkladu je použita směrodatná odchylka pro reakční časy pracovníků podle NIST Special Publication 960-12  
 Je vhodné a doporučeno zkontrolovat měřením reakční dobu pro konkrétního pracovníka, který provádí kalibrace stopek.

*Celková kalkulace nejistoty*

Zdroj nejistoty	Hodnota ms	Typ	Rozložení	Citlivostní koeficient	Standardní nejistota ms
Rozdíl reakční doby obsluhy mezi zpožděním pro start a pro stop	100	B	pravoúhlé	1	58
Reakční čas obsluhy-směrodatná odchylka	150	B	Normální ( $k = 1$ )	1	200
Odchylka času při šíření internetem	15	B	pravoúhlé	1	17
Rozlišení stopek	100	B	pravoúhlé	1	58
Kombinovaná nejistota					172
Rozšířená nejistota					283

Nejistota měření je určena převážně variabilitou reakční doby pracovníků, provádějících měření. Jde o dominantní složka výpočtu, a proto platí doporučení podle modelu EA 4/02, příloha 2 příklad S9 a  $k=1,65$ .

$$U = 0,172 \cdot 1,65 = 0,29 \text{ s}$$

Příklad ukazuje, že nejistota silně závisí na zacvičení kalibračního technika a na soustředění na práci a obvykle nepřesahuje nejistota 0,3 s.

**15 Validace**

Kalibrační metody neuvedené v normách nebo normativních dokumentech podléhají validaci v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17025 čl. 5.4.5.1. Tato metodika je normalizovaná, viz lit. [1] a [2]. Validační zpráva je uložena v archivu sekretariátu ČMS.

Důrazně se doporučuje, aby uživatel této metodiky prověřil reakční dobu pracovníka a neprováděl kalibrace, pokud je pracovník indisponován, například léky snižujícími pozornost.

**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).

## 16 Přílohy

Přílohy nejsou přímou součástí kalibračního postupu. Přílohy uvádí doplňující informace, které by měl kalibrační technik znát ke správnému a kvalifikovanému provedení kalibrace podle uvedeného postupu.

Doporučuje se, aby pracovníci, provádějící předmětné kalibrace se seznámili a opakovaně udržovali znalosti uvedené v přílohách v rámci programu vzdělávání.

### 16.1 Ukázky provedení stupnice pro informaci:



Ukázka možného provedení stupnice stopek, tik 1/5 s, 30 min, minuta dělená na 60 s.



Ukázka možného provedení stupnice stopek, tik 1/100 s, 30 min, minuta dělená po 1/100 s.



Ukázka možného provedení stupnice stopkek, tik  $1/5$  s, 30 min, minuta dělená na 60 s i po  $1/100$  s.

## 16.2 Čas

Čas je veličina, kterou lidstvo zná a zajímá se o ni od nepaměti. Čas, dělený na hodiny a minuty známe od dob starého Babylonu. Pokusy o zavedení dekadického dělení v době zavádění metrické soustavy ve Francii se neujaly.

Měření času nás plně obklopuje. Každý má doma hodiny, hodinky náramkové nebo i na mobilním telefonu, důležitý je údaj času v osobním počítači, čas se měří ve sportu, ale zejména v nesčetných operacích v průmyslu, informatice, komunikacích, bankovníctví, měří se doba telefonních hovorů, doba placeného parkování, jízdenky v hromadné dopravě platí po určitou dobu atd.. Přesný čas je pojem velmi relativní, a co je přesné pro kuchaře (kuchyňská minutka), tak určitě není přesné pro metrologa nebo astronoma (atomové hodiny). Z obrovského rozsahu problematiky definice a porozumění co je čas a problémům jeho měření vybíráme jen to, co se týká běžného života.

## 16.3 Měření času jeho jednotnost

V Bibli pod pojmem jitro bylo rozuměno celé období od východu jitřenky až do poledne, pojmem večer se pak mýl časový úsek od poledne až do východu hvězd. (Př.: Genesis 1:5 Světlo nazval Bůh dnem a tmu nazval nocí. Byl večer a bylo jitro, den první.). Hodina byla původně definována starověkými civilizacemi (včetně takových jako byl Egypt, Sumer, Čína a Indie) jako jedna dvanáctina doby mezi východem a západem slunce. Většinou se čas měřil od rozbřesku, ale v tzv. italském čase, začínala první hodina navečer (nebo na konci šera, tj. půl hodiny po západu Slunce, v závislosti na místních zvyklostech). Středověký islámský den začínal také se západem slunce. Pokusy o zavedení dekadického dělení při měření času, v době zavádění metrické soustavy ve Francii se neujaly.

Metrologie času řeší dvě základní úlohy. První je měření času události vzhledem k časové stupnici UTC, druhou je měření časového intervalu mezi dvěma událostmi (jednotkou je sekunda SI). Měření frekvence je pak úloha duální k měření intervalu. Měření frekvence je často a velmi široce potřebné v metrologických laboratořích elektrických veličin.

Historie vývoje výroby hodinek a stopkek trvá od roku 1500.

1502 - Peter Henlein staví první kapesní hodinky.

1881 - Švýcarsko vyrábí kolem 1,5 milionu hodinek kapesního formátu.

1917 - Švýcarský vývoz představuje 17 000 000 hodinek ročně.



1928 - Byly postaveny první křemenné krystalové oscilátory pro hodiny.  
1930 - Podíl náramkových a kapesních hodinek na trhu je 50:50.  
1961 - Švýcarsko vyváží celkem 126.344.492 hodin, hodinek a hodinových strojků.  
1966 - První prototyp náramkových hodinek řízených krystalem.  
1983 - Rádiem řízené hodiny zavedeny v Evropě a později i v USA.  
1994 - Poprvé v historii je vyrobena více než miliarda hodin, hodinek a hodinových strojků, z nichž je asi 8 0% elektronických.

#### 16.4 Mechanické stopky

Hodinářství bylo jedním z vrcholů lidské technické činnosti. Rychlý vývoj zatlačil mechanické hodiny stopky z hlavního prostředku pro měření času do oblasti sběratelství, mezinárodní atletická federace už jmenovitě nedoporučuje používat mechanické stopky pro přesná měření.

#### 15.5 Mechanismus strojků

Setrvačka, slangově „nepokoj“, je oscilátorem, který určuje přesnost mechanických hodin. Setrvačka je tvořena věncem na hřídeli (setrvačná hmota) a plochou pružinou (vlásek), která dodává setrvačce energii.

Základem pro přesnost hodinek je co nejvíce kmitů oscilátoru - setrvačky. Ty se pohybují od 15.000 kyvů za hodinu až po 36.000 kyvů za hodinu. Hodinky s 28.800 kyvy za hodinu již chodí velmi přesně, strojky s 36.000 kyvy jsou již velmi drahé a jejich přesnost je prakticky stejná, jako u strojků elektronických řízených krystalem (quartz). Tyto základní kmity jsou dány konstruktérem - avšak na denní zrychlování či zpžd'ování hodinek má vliv délka vlásku na setrvačce. Vlasek - to je stočená pružinka nad oscilátorem - setrvačkou. Vlasek slouží k tomu, že vrací setrvačku z výkyvu zpět. A právě délka vlásku určuje délku výkyvu - a čím je výkyv delší, tím se hodinky více zpomalují a naopak - čím je výkyv menší, tím je kmit rychlejší a tím se hodinky zrychlují. A od toho je na základně setrvačky regulační mechanismus - páčka s rolničkou, ve které vlasek během kmitů setrvačky kmitá. A tato páka zkracuje a prodlužuje činnou část vlásku - čili touto pákou zpomalujete nebo naopak zrychlujete chod stopek.

Chronometrový strojek je v základní sestavě stejný, jako ostatní strojky, tzn., že chronometr vychází ze základních strojků hodinek. Na přípravu pro certifikaci se však vybaví silnějším kvalitnějším perem, upraveným krokem a perfektněji se vyváží setrvačka. Chronometr musí mít certifikaci a vykazuje menší diference celkově i v různých polohách hodinek a za různých teplot. Průměrná denní diference nesmí přesáhnout  $-4 / + 6$  vteřin denně. A toto je právě docíleno tvrdším perem, úpravou kroku a perfektně vyváženou setrvačkou. Díky tomuto je vždy chronometr dražší.

#### 16.7 Funkce setrvačky

Pro mechanické hodinky je zdrojem energie spirálová pružina (pero). Energie pera je přenášena na setrvačku, která svým kmitáním (kyvadlo), pohání ručky hodinek. Děje se tak prostřednictvím spojení setrvačky s krokovým kolem, které při každém jednotlivém kmitu setrvačky umožní stoupacímu kolu posunutí o jeden zub, tj. převede energii v pohyb na sekundové (minutové, hodinové) kolo čímž se posunou ručky hodinek. Tento jev je všem všeobecně znám a projevuje se jako tikání hodinek.

#### 16.8 Klíčové vlastnosti setrvačky

Pro správnou a přesnou funkci hodinek je nezbytné, aby setrvačka disponovala alespoň základními klíčovými vlastnostmi:

- teplotní kompenzace věnce setrvačky, zajištěno většinou bimetalickou konstrukcí,
- přesné vyvážení setrvačky, zajišťují regulační šrouby na věnci,

- konstrukce setrvačky s pokud možno co nejnižším součinitelem tření, zajišťováno speciální konstrukcí a kameny,
- ochrana setrvačky před nárazy, zajišťováno speciální konstrukcí,
- plynulá hnací síla vlásku, speciální tvarování vlásku,
- stálá tuhost vlásku při různých teplotách, speciální materiály (invar).



### 16.9 Historie setrvačky

Setrvačku vynalezl holandský fyzik Christiaan Huygens (1655) jako mnohem přesnější náhradu za lihýř (starší nedokonalý oscilátor mechanických hodin). Nezávisle na něm setrvačku zkonstruoval i anglický hodinář Robert Hook a nechal si ji patentovat.

### 16.10 Přesnost analogových strojků hodinek

Obecně lze říci, že čím více kmitů za hodinu setrvačka vykoná, tím jsou hodinky přesnější. Běžně se lze setkat s hodinkami, jejichž setrvačka vykoná 21 600 kyvů / h (3Hz), lepší strojky dosahují 4Hz (28 800 kyvů/h), tzn., že každou sekundu jsou vykonány 4 kyvy na každou stranu (celkem 8 kyvů). Můžeme se setkat i s 8 Hz oscilátorem, což umožňuje rozlišení 1/16 sekundy. Rychlejší strojky jsou ale dražší. Nejlevnější krystal elektronických hodinek kmitá na frekvenci 32 kHz a stojí pod 5 Kč i v maloobchodě.

### 16.11 Kameny

Zastávají funkci uložení pro pohyblivé součásti strojku hodinek. Některé mechanické součásti musí provést desítky tisíc kmitů za hodinu. Takto velká zátěž klade velmi vysoké nároky na kvalitu uložení těchto součástek. Pro snížení tření se využívají drahokamy (kameny / jewels), nejčastěji rubíny či safíry, jelikož díky jejich pevnosti a tvrdosti se uložení nevydře a hodinky mohou spolehlivě fungovat desítky let.

### 16.12 Historie kamenů

Dříve se ocelové pohyblivé součásti hodinek ukládány přímo do kovových základů (mosaz), což mělo za následek, že uložení se časem opotřebovala a hodiny přestávaly fungovat. Kamenů jako pouzder bylo poprvé užito roku 1704 a až do roku 1902 se do hodin a hodinek využívaly právě přírodní drahokamy. Teprve poté Auguste Verneuil objevil proces výroby syntetického korundu (krystalický oxid hlinitý), takže kameny do hodinek se staly mnohem levnější a dostupnější. Dnes je většina používaných kamenů (rubíny i safíry) syntetických.

### 16.13 Počet kamenů

Počet použitých kamenů v hodinkách se liší dle užití a obvykle je jejich počet uveden na ciferníku. Počet kamenů má vliv na plynulý chod hodinového strojku a obecně se má za to, že čím více kamenů kalibr obsahuje, tím lépe, avšak i zde výjimky potvrzují pravidlo.

U náramkových hodinek a stopek se obvykle využívá 17 kamenů, je možné se však setkat i s jinými počty:

- 15 kamenů / vzácně se vyskytujících strojky, objevuje se u starších hodinek, je považováno za minimum pro náramkové hodinky,
- 17 kamenů / nejobvyklejší kombinace,
- 21 – 25 kamenů / počet kamenů u modernějších strojků,
- více než 25 kamenů / objevuje se u dražších modelů hodinek, které již mají řadu komplikací,
- 42 kamenů / tento počet kamenů je všeobecně považován za nejvyšší možný užitečný,
- 43- 77 kamenů / jedná se o extrém, který byl zapříčiněn závodem hodinářských značek o počet kamenů, z hlediska funkčnosti hodinek se jedná o nadbytečnost bez praktického přínosu.

Počet kamenů ve stopkách bývá spíše nižší, většinou 1 až 7.

### 16.14 Syntetické kameny

Syntetický korund (oxid hlinitý) zajišťuje kamenům velmi malé rozměry a hmotnost, nízké a předvídatelné tření, dobrou teplotní stabilitu, schopnost dlouhodobě fungovat bez mazání, odolnost v agresivním prostředí, netrpí otěrem a štěpením, je velmi tvrdý. Tyto vlastnosti zajišťují i náramkovým hodinkám vysokou přesnost.

Na stupnici tvrdosti dosahuje korund stupně devět a lépe je na tom již jen diamant s desítkou. Přestože diamant má lepší vlastnosti a v syntetické podobě není o moc dražší, využívá se korundu, jelikož se snáze opracovává, svými vlastnostmi naprosto dostačuje a je krásně zbarvený, což hraje roli především u hodinek s průhledným dýnkem. V hodinářském průmyslu se využívá především rubín (červený korund) a safír (modře zbarvená varianta).

Jemné provedení je příčinou, že vlastnosti hodinek mohou být zničeny během několika sekund tvrdým a nezkušeným zacházením, otřesy a pády. Vzhledem k tomu, mechanické stopky nejsou vhodné pro přesné měření času a a že prakticky každé quartzové digitální hodinky mají mnohem lepší přesnost, použití analogových stopek, pokud jsou k dispozici, vyhoví pro řadu běžných situací bez extrémních nároků na přesnost.

### 16.15 Mechanismus spínání



Ukázku provedení spínacích mechanismů stopek

## 16.16 Stopky ve sportu podle mezinárodní asociace atletických federací

má vlastní předpis, IAAF Calibration and Testing Manual, který se zabývá i stopkami. Používá doporučení Centra pro Sportovní Technologie Londýn. Povoluje použít ke kalibraci stopek jakékoliv vhodné a návazné zdroje času UTC. To by mohly být z mluvící hodiny z místní telefonní služby, Hodiny z vašeho počítače nebo GPS časovače. Popisuje obvyklé postupy kalibrace.

Atleti požadují, aby průměrná doba rozdílu od přesného času nepřesáhla ekvivalent 1 sekunda za den. Pokud změřená doba tento rozdíl přesahuje, pak se doporučuje vrátit hodinky dodavateli, pokud je to v rámci záruky. Pokud záruka vypršela, nesmí se takové stopky použít pro soutěžní měření času.

Hodiny šířené telefonem ve Velké Británii jsou s přesností na 5 ms a jsou navázány dvakrát denně na atomové hodiny v NPL. V jiných zemích může být přesnost menší, protože to závisí na zpoždění přidané telefonní službou a ta může být proměnná.

Pomocí programu SP TimeSync nebo Dimension 4 je možné synchronizovat vaše PC hodiny pro Windows-založené operační systémy pomocí vhodného zdrojového serveru (Stratum 1) umístěný nejlépe co nejbližší k počítači, aby se minimalizovalo množství uzlů směrování přenosu. Synchronizace frekvence může být nastavena od uživatele. Předpokládá se, že doba přenosu k serveru a zpět jsou stejné.

## 16.17 Extrémy v požadavcích

Mezinárodní norma pro vyhodnocování přesnosti hodinek typu quartz je ISO 10553:2003 "HODINÁŘSTVÍ - Postup pro hodnocení přesnosti pro křemenné hodinky ". Postup je určený pro krystalem řízené hodinky s přesností lepší než  $\pm 30$  sekund za rok. Zahrnuje převzetí, pak měření v průběhu tří dnů s třídenním obdobím stabilizace před a dobou odpočinku dvacet čtyři hodiny před dalším měřicím obdobím. Počítají se tři samostatná období měření. Celková doba měření je 66 dnů, a to je následováno testem simulace teploty, což je program na třináct dní. Pro typické stopky, u kterých může být běžně chyba 6ppm tj. o 0,5 s za den takový test není vhodný, protože je příliš drahý.

## 16.18 Návaznost času v běžném životě

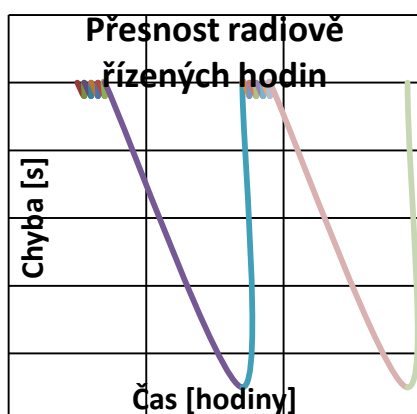
K šíření etalonových signálů se užívá všech možných a dostupných možností. Je to vysoko-frekvenční rádiové a televizní vysílání, satelitní vysílání, speciální rádiové vysílání v oblasti velmi dlouhých vln (Německo DCF 77,5 kHz, ve Skotsku vysílač Anthorn 60 kHz a jinde ve světě řada dalších vysílačů, systémy jako je LORAN-C, radionavigační systémy jako je GPS, Galileo v EU, GLONASS v Rusku, BeiDou v Číně, IRNSS v Indii, a také internet).

Téměř každá domácnost u nás má v dnešní době velmi kvalitní návaznost v oblasti času. Je to dáno nízkou cenou a velkým rozšířením hodin řízených rádiovým signálem DCF a dnes už běžným kvalitním připojením k internetu.

Ačkoliv v dřívějších dobách fungovaly v ČSR vlastní systémy pro vysílání přesného času, počínaje systémem z roku 1955 s vysílačem vysílajícím na frekvenci 2,5 MHz a konče systémem OMA 50, vysílajícím na frekvenci 50 kHz, nedošlo k masovému využití těchto vysílačů, protože v té době nebylo možné realizovat dostatečně levný a malý přijímač na vestavění do hodin. Proto byl poslední český systém OMA 50 z finančních důvodů v roce 1995 vypnut. Klíčovou platformou pro vysílání času vzduchem se stal v Evropě německý systém DCF77, který začal vysílat v roce 1970 a funguje dodnes. DCF77 je poslední funkční systém vysílající čas na dlouhých vlnách na evropském kontinentu. Jelikož je hojně využíván v komerční sféře, má stále své uplatnění a bude nám snad sloužit ještě řadu let. Zhruba od roku 2007 obsahuje DCF77 signál také informaci o předpovědi počasí pro 60 regionů v Evropě (na ČR připadají 3 regiony). Tuto

informaci využívá množství domácích meteostanic, které jsou běžně na trhu. Příjimače signálu DCF jsou stále levnější a tak se postupně upouští od budování speciálních časových sítí v budovách.

Signál z vysílače DCF se šíří rychlostí světla, takže k nám dojde cca za 1,5 ms. Hodiny na přijímací straně ale nejsou navázány stále, ale synchronizují se jen jednou nebo několikrát za den. DCF77 umožňuje dva druhy synchronizace hodin, při čemž většina běžných komerčních hodin používá levnější, ale méně přesný způsob navázání. Vlastní synchronizace má nejistotu jen asi 15  $\mu$ s, vyhodnocení a určení správného okamžiku synchronizace však může být s nejistotou řádu několika ms. **Hlavním zdrojem nepřesnosti hodin na přijímací straně je drift frekvence krystalu těchto hodin řízených DCF v době mezi navázáním** (to je kdy na displeji svítí symbol vysílače). To může pro hodiny méně často navazující udělat odchylku v zobrazeném čase až cca do 0,5 s. Tato chyba se po následujícím navázání potlačí.



Graf č. 1: Typický drift u hodin řízených DCF

### 16.19 Internet a časový server

Časový server je zařízení umožňující přenášet informaci o čase v síti internet. Důležitou vlastností časového serveru je způsob, jakým je synchronizován vůči světovému času UTC. Drtivá většina časových serverů získává informaci o čase z dalších serverů a pouze tzv. primární časové servery tuto informaci získávají z měřicích etalonů navázaných přímo na UTC.

Každý NTP klient, který má plně implementovanu specifikaci protokolu, se zároveň stává NTP serverem a může tedy svůj čas šířit dalším klientům. NTP server má přiděleno číslo z intervalu 1 - 15, nazývané Stratum.

Pokud má počítač připojení na internet, může jednoduše nastavovat přesný čas podle některého serveru s přesným časem plně automaticky. Pro tento účel existují protokoly, starší Time a novější NTP a SNTP. Přesnost synchronizace času pomocí protokolu Time, není velká, pohybuje se kolem 1 sekundy. Windows XP navazují na časový server 1x týdně, pokud je počítač v té době zapnut. Mají přednastaveny vzdálené servery, které u nás nejsou optimální. Velkou nevýhodou je, že k synchronizaci hodin dochází jen jednou týdně v definovaný okamžik (čas poslední synchronizace). Pokud v tento okamžik bude počítač zrovna vypnutý nebo se nezdaří připojení k časovému serveru, synchronizace neproběhne. Čas je však možné synchronizovat ručně stiskem tlačítka „Aktualizovat“ v okně, které se ukáže po poklepání na hodiny na ploše.

Naopak protokol NTP, umožňuje udržovat systémový čas s přesností desetín milisekundy. Proto ho také časové servery v internetu používají k synchronizaci s globálním jednotným časem UTC. Dosažitelná přesnost seřízení hodin v počítači závisí i na operačním systému. Pro operační systém Windows NT2000/XP se udává přesnost synchronizace  $\pm 5$  ms.

V jiných operačních systémech (např. v Linuxu) je nejjednodušší využít program ntpd, který funguje i jako klient a dokáže nejen synchronizovat systémový čas vůči NTP serveru, ale i automaticky koriguje frekvenční odchylku krystalového oscilátoru, od něhož jsou odvozeny systémové hodiny. Dosažitelná dlouhodobá přesnost hodin tak může být v řádu stovek nebo i desítek mikrosekund – závisí na kolísání teploty a např. obvodů pro dynamické řízení spotřeby hardware, přesnost bude tedy většinou lepší u serverů a stolních počítačů než u notebooků.

## 16.20 Shrnutí

Pro běžnou praxi kalibrace ručně spínaných stopek a časovačů je k dispozici řada signálů přesného času.

### Rozhlas

Obvykle není dostupný údaj o přesnosti ani o návaznosti, proto není vhodný jako etalon ke kalibraci

### Telefon

Obvykle není dostupný údaj o přesnosti ani o návaznosti, proto není vhodný jako etalon ke kalibraci, není k dispozici údaj o zpoždění cestou. V některých zemích v zahraničí tyto údaje jsou a je proto použitelný a někde zůstává i velmi oblíbený (Austrálie, Nový Zéland, USA, Velká Británie, Švédsko)

### DCF 77,5

Obvykle není dostupný údaj o přesnosti navázání použitého přijímače, proto je vhodný jako etalon ke kalibraci jen po validaci vlastností pro konkrétní přijímač, (přesnost a interval navázání na DCF)

### GPS

Obvykle jsou levné GPS přijímače konstruovány hlavně pro určení polohy, proto bez validace není vhodný jako etalon ke kalibraci

### Internet

S využitím vhodného programu, například SP TimeSync, nebo Dimension 4 nebo dalších speciálních programů metrologických institutů je dostupný údaj o přesnosti, o návaznosti i o zpoždění při přenosu signálu. Proto je vhodný pro běžnou praxi kalibrace ručně spínaných stopek a časovačů. Vliv reakční doby při spínání je podstatně větší než nejistota vlivem přenosu etalonového signálu internetem.

Kalibrujeme-li stopky podle etalonových hodin, které sledujeme, můžeme předvídat okamžik sepnutí a reakční čas může být i záporný, pokud pracujeme podle etalonových hodin, které průběžně nesledujeme (například až zazní zvuk) je reakční čas delší. Při kalibraci nezáleží na hodnotě zpoždění, pokud je při zapnutí i při vypnutí stopek stejná. Záleží ale na jejím rozptylu a v praxi bývá pod 300 ms.

Kalibrujeme-li stopky proti přesnějším stopkám, současným spínáním obou stopek, jsou dosažitelné rozdíly časů kratší a jsou dány hlavně rozdíly mezi spínači reakcí měřidel. Nejistota měření je pod 100 ms.

Jak již bylo řečeno, reakční doba při spínání stopek prakticky nezávisí na době měření. S uvážením nejistoty vlivem této doby, potřebné k zapnutí a k zastavení stopek, závisí relativní přesnost měření hlavně na délce měření a je proto vhodné, měřit co nejdéle. Obvykle pro digitální stopky volíme dobu měření 10 hodin nebo jeden den, pro analogové jeden čas blízký k rozsahu stupnice velké ručičky a druhý pro plný rozsah malé ručičky.

### 16.21 Poznámka – metody kalibrace

V principu jsou 3 základní metody kalibrace stopek

1. porovnání s etalonovými hodinami,
2. porovnání s přesnějším měřičem,
3. kalibrace měřením kmitočtu časové základny stopek.

Varianta je fotometoda, kde smyslem použití digitálního fotoaparátu je odstranit chyby a zpoždění při odečtu. Fotoaparát může při krátkém expozičním času zajistit současnost a větší rozlišení než je možné manuálně. Metodu je nutno pečlivě odladit a validovat.

### 16.22 Metoda přímého porovnání s etalonovými hodinami

- Nevyžaduje odesílat stopky do kalibrační laboratoře.
- Odstraňuje náklady na etalon a jeho kalibraci.
- Je možné ji realizovat kdekoliv, kde je internetové připojení.

Proto byla zvolena v tomto postupu.

Je nejjednodušší s minimálními nároky na etalony, ale má největší nejistotu. Stopky se porovnají s etalonovým signálem. Ten může být získán pomocí internetu, jak je popsáno v metodice požadujeme-li přesnost kalibrace 0,02 % ( $2 \times 10^{-4}$ ), pak při době reakce obsluhy 300 ms je třeba měřit alespoň 1500s, ale uvažujeme-li poměr nejistot při kalibraci 10:1, pak je doba měření již 1500 s. Podle *NIST Handbook 105-5* je vyhovující odchylka 2 s za 3 h (to je za 10 800 s). Každý člověk je jiný a proto je třeba zjistit experimentálně reakční dobu a její rozptyl pro každého pracovníka, který kalibruje stopky.

Smyslem kalibrace je hlavně stanovit, zda se může při měření uplatnit odchylka frekvence referenčního oscilátoru stopek, proto je hlavní výsledek kalibrace konstatování, že se stopky systematicky pozdí nebo předbíhají a udává se odchylka času měřeného stopkami, přepočtená na zvolený časový interval, například hodinu nebo den.

### 16.23 Pojem reakčního času

Při kalibraci musíme stopky tlačítkem zapnout a na konci měření zase vypnout. V tom je hlavní problém kalibrace, protože každý z nás má nějak „*dlouhé vedení*“, ke spínání je potřebný nějaký reakční čas. Ten se více uplatní při spínání stopek podle etalonových hodin a potlačen je při spínání kalibrovaného a referenčního měřiče současně. Odstranit se dá fotometodou s citlivým a rychlým digitálním fotoaparátem.

Nejjednodušeji vzato je **reakční doba čas, který uplyne od počátku vnímání podnětu do počátku vykonávání odezvy na tento stimul**. Rozšířený pojem reakční schopnosti přinesla publikace *Human Factors Design Handbook 7* vymezující jednoduchý reakční čas jako nejkratší možný čas mezi momentem, kdy smysly detekují podnět a časem, v němž tělo začne vykonávat odezvu, přičemž komplexní reakční doba zahrnuje aditivně proces lidského myšlení. Dále je charakterizován tím, že úlohu, jejímž výstupem má být komplexní reakční čas, tvoří několik stimulů. Rozvinul se nový obor, Mentální chronometrie. Psychologové rozvíjejí a zdokona-

lují duševní časomíru hlavně posledních 100 let. Ale už Perský vědec Abū Rayhān al-Biruni (973-1048) byl první osobou, která popisovala koncept reakční doby; Sir Francis Galton je obvykle považován za zakladatele diferenciální psychologie, který se snaží zjistit a vysvětlit duševní rozdíly mezi jednotlivci. On byl první, kdo používal přísné testy na reakční čas s výslovným záměrem stanovení průměrů a rozsahů jednotlivých rozdílů duševních znaků u lidí. Jeho testy zahrnovaly výběr z více než 10 000 mužů, žen a dětí z londýnské veřejnosti.

Zkusit si orientačně reakční čas můžete na spoustě internetových měřičů, jako je <http://www.humanbenchmark.com/tests/reactiontime/>, <http://www.topendsports.com/testing/reaction-timer.htm>, <http://getyourwebsitehere.com/jswb/rttest01.html>, <http://www.mathsisfun.com/games/reaction-time.html>,

Doporučuji si pohrát, milé je provedení tohoto testu se zastavováním procházejících oveček na <http://www.bbc.co.uk/science/humanbody/sleep/sheep/>.

Doba odezvy je součet reakční doby a navíc času pohybu. Jednoduchá reakční doba vyžaduje pro pozorovatele reagovat jen na přítomnost stimulu. Například, může být subjekt vyzván ke stisknutí tlačítka stopek, jakmile se objeví světelné nebo zvukové znamení. Průměrná reakční doba pro odpočaté vysokoškoláky je asi 160 milisekund od sluchového stimulu, a přibližně 190 milisekund pro detekci na vizuální podnět. Střední doba reakce pro sprintery na olympijských hrách v Pekingu byla 166 ms u mužů a 189 ms pro ženy.

Bylo dokázáno, že vzhledem k momentální úrovni pozornosti, je v individuální odezvě značné množství variability, která proto nemá tendenci sledovat normální (Gaussovo) rozdělení.

Při kalibraci považují za vhodnější volit horní mez rozsahu reakčního času a obdélníkové rozdělení.

Při kalibraci záleží vliv reakční doby na druhu kalibrace.

Kalibrujeme-li stopky podle etalonových hodin, které sledujeme, můžeme předvídat okamžik sepnutí a reakční čas může být i záporný.

Kalibrujeme-li stopky podle etalonových hodin, které průběžně nesledujeme (například až zazní zvuk) je čas delší.

Kalibrujeme-li stopky proti přesnějším, současným spínáním obou stopek, jsou dosažitelné časy kratší a jsou dány hlavně rozdíly mezi spínací reakcí měřidel.

Kalibrujeme-li stopky podle etalonových hodin, není nejdůležitější zpoždění pro okamžik sepnutí a zpoždění pro okamžik vypnutí stopek, ale rozdíl v těchto časech a jeho variabilita.

## 16.24 Internet a časový server

Časový server je zařízení umožňující přenášet informaci o čase v síti internet. Důležitou vlastností časového serveru je způsob, jakým je synchronizován vůči světovému času UTC. Drtivá většina časových serverů získává informaci o čase z dalších serverů a pouze tzv. primární časové servery tuto informaci získávají z pomocných systémů navázaných na UTC.

Každý NTP klient, který má plně implementovanou specifikaci protokolu, se zároveň stává NTP serverem a může tedy svůj čas šířit dalším klientům. NTP server má přiděleno číslo z intervalu 1 - 15, nazývané Stratum. Stratum klienta je vždy vyšší než Stratum jeho serveru. Tím vzniká hierarchie časových serverů. Stratum-1 znamená, že server má externí zdroj času, nezávislý na jiných serverech. Takový server je také označován jako primární. Hodnota Stratum tedy přímo nevyjadřuje přesnost serveru, jen jeho pořadí ("vzdálenost") od externího zdroje času. NTP verze 4 dokáže po internetu udržovat čas s chybou menší než 10 ms, v místní síti může dosahovat přesnosti až 200  $\mu$ s.

Pokud má počítač připojení na internet, může jednoduše nastavovat přesný čas podle některého serveru s přesným časem plně automaticky. Pro tento účel existují protokoly, starší Time a no-



větší NTP a SNTP. Přesnost synchronizace času pomocí protokolu Time, není velká, pohybuje se kolem 1 sekundy, například stále populární Windows XP navazují na časový server 1x týdně, pokud je počítač v té době zapnut. Mají přednastaveny vzdálené servery, které u nás nejsou optimální. Velkou nevýhodou je, že k synchronizaci hodin dochází jen jednou týdně v definovaný okamžik (čas poslední synchronizace). Pokud v tento okamžik bude počítač zrovna vypnutý nebo se nezdaří připojení k časovému serveru, synchronizace neproběhne. Čas je však možné synchronizovat ručně stiskem tlačítka „Aktualizovat“ v oknu, které se ukáže po poklepání na hodiny na ploše. Tento druh synchronizace vyhovuje pro běžné užití počítače, ale není vhodný pro kalibrace.

Naopak protokol NTP, umožňuje udržovat systémový čas s přesností desetín milisekundy. Proto ho také časové servery v internetu používají k synchronizaci s globálním jednotným časem UTC. Dosažitelná přesnost seřízení hodin v počítači závisí i na operačním systému. Pro operační systém Windows NT2000/XP se udává přesnost synchronizace  $\pm 5$  ms.

V jiných operačních systémech (např. v Linuxu) je nejjednodušší využít program ntpd, který funguje i jako klient a dokáže nejen synchronizovat systémový čas vůči NTP serveru, ale i automaticky koriguje frekvenční odchylku krystalového oscilátoru, od něhož jsou odvozeny systémové hodiny. Dosažitelná dlouhodobá přesnost hodin tak může být v řádu stovek nebo i desítek mikrosekund – závisí na kolísání teploty a např. obvodů pro dynamické řízení spotřeby hardware, přesnost bude tedy většinou lepší u serverů a stolních počítačů než u notebooků.

Praktický význam hierarchie časových serverů je v tom, že primární servery bývají vysoce přesné, ale sekundární servery zajišťují lepší dostupnost služby a odolnost vůči rušivým vlivům, jako je nestabilita sítě nebo porucha externího zdroje času.

NTP servery provozuje mnoho institucí především pro vlastní potřebu nebo pro své zákazníky. Na domovské stránce projektu NTP existuje velmi rozsáhlá dokumentace. Je také průběžně aktualizován seznam veřejných primárních a sekundárních NTP serverů. Při pravidelném využívání těchto serverů je nutné splnit podmínky a omezení, která stanovili jejich správci.

Laboratoř Státního etalonu času a frekvence (přidružená laboratoř ČMI), Ústav fotoniky a elektroniky, Akademie věd ČR, poskytuje distribuci času UTC(TP) jako službu pro veřejnost. Přesný čas UTC(TP), je nepřetržitě šířen v síti Internet protokolem NTP (Network Time Protocol) pomocí časového serveru ntp2.ufe.cz Služba Časového serveru je poskytována zdarma. Časový server je určen zejména pro běžného provozovatele počítače. Programy běží podle principu, že klient vyšle dotaz, do kterého vloží aktuální hodnotu svého času (timestamp)  $T_0$ . Server přijme dotaz v čase  $T_1$  a odpoví v čase  $T_2$ . Odpověď dorazí klientovi v čase  $T_3$ .

Uvedeným způsobem získá klient jeden vzorek obsahující trojici hodnot:

- rozdíl časů - pravděpodobný posun hodin,
- zpoždění- doba přenosu signálu, interval nejistoty offsetu,
- disperze - stabilita hodin serveru (tento údaj pošle server v odpovědi).

Každý takovýto vzorek obsahuje hodnoty náhodně ovlivněné okamžitým stavem sítě. Pro lepší přesnost a stabilitu se použije specializovaný algoritmus. Výsledkem je mnohem přesnější výpočet offsetu hodin klienta od UTC, než lze získat z jednoho vzorku. Navíc je vypočtena maximální a odhadovaná chyba.

Většina NTP serverů je provozována v operačním systému Linux a jejich implementace není komplikovaná - stačí instalovat distribuční balíček NTP a do konfiguračního souboru nastavit několik blízkých NTP serverů s nízkou hodnotou Stratum. Nároky na hardware jsou minimální, jen by systém neměl být ani krátkodobě přetěžován jinými aplikacemi. Tímto způsobem si můžeme vytvořit NTP server pro vlastní síť.

K synchronizaci systémového času vašeho počítače existuje mnoho programů jak komerčních tak i volně ke stažení. Aby se čas ve vašem počítači synchronizoval ze serveru ntp2.ufe.cz, je nutné tyto programy nejprve nakonfigurovat. Jako jméno serveru jednoduše vyplníte 'ntp2.ufe.cz'. Doporučené jsou programy:

- SPTimeSync je klient pro MS Windows (<http://www.spdialer.com/timesync/>), nebo
- Dimension 4, (<http://www.thinkman.com/dimension4/download.htm>)
- Oba tyto programy jsou freeware jen pro nekomerční použití

SP TimeSync má velmi jednoduché rozhraní, které můžete začít ihned používat, aniž byste četli nějaké manuály. Stačí kliknout na: Získat čas a pak nastavte hodiny tlačítko pro nastavení přesného času na vašem počítači. SP TimeSync podporuje širokou škálu operačních systémů, jako jsou Windows 2000/XP/Vista/7 a Windows 95/98/Me/NT, oba 32-bit a 64-bit verze. Velikost SP spustitelného souboru TimeSync je menší než 100 kB Vytváří okna, přiděluje paměť a načte všechny potřebné knihovny dynamicky pouze pro malé časové období, kdy se to skutečně vyžaduje, a tím uvolní všechny prostředky ihned pro další použití. Proto můžete spustit tento program na pozadí bez zpomalení počítače.

SP TimeSync je poskytován zdarma pro osobní nekomerční použití. V každém jiném případě je nutné zakoupit verzi Professional, viz <http://www.spdialer.com/timesync/order.html>. Professional verze SP TimeSync používá pokročilé algoritmy zajišťující mnohem lepší přesnost a spolehlivost synchronizace času a také podporuje další funkce. Cena licence SP TimeSyncPro byla 15 USD za jednu instalaci v roce 2014. Podrobnosti naleznete v <http://www.spdialer.com/timesync/profvers.html>.

Další možností je použít program Dimension 4, který vám nabídne sám několik časových serverů, aniž byste je museli vyhledávat. Časový server [ntp2.ufe.cz](http://ntp2.ufe.cz), ale musíte do seznamu doplnit a řada serverů ve vzdálených zemích Vám není k ničemu. Výhodou je okno, zobrazující drift počítače v době mezi navázáním. Program Dimension 4 verze 5.3 je k dispozici jako freeware pro osobní použití doma, využití vzdělávací ve školách a na univerzitách, a použití dobročinnými organizacemi. Komerční uživatelé Dimension 4 verze 5.3 se musí zaregistrovat a pro každý počítač platí s nainstalovaným programem Dimension 4 platí 10 USD, licenčního poplatku. (stav v roce 2014), viz <http://www.thinkman.com/dimension4/download.htm>

Využívání serveru [ntp2.ufe.cz](http://ntp2.ufe.cz) pro synchronizaci času v počítači s Linuxem (resp. i jiným systémem se standardní distribucí balíčku NTP) spočívá ve vložení řádky server [ntp2.ufe.cz](http://ntp2.ufe.cz) do konfiguračního souboru `/etc/ntp.conf`.

Podstatné je volit servery, ke kterým je rychlé a stabilní internetové připojení, to je obvykle ty, které jsou blíže. V ČR a okolních zemích je v každé zemi několik serverů na úrovni stratum 1 nebo 2, takže je z čeho vybírat.