

# Chyby měřicích přístrojů

## Úvod

Výsledek měření ovlivňuje zejména přesnost měřicích přístrojů a chyba odečtu hodnot ze stupnice. Kromě krajní chyby měření musíme tedy také zahrnout tyto systematické chyby. K tomu slouží **kvadratický zákon hromadění chyb**.

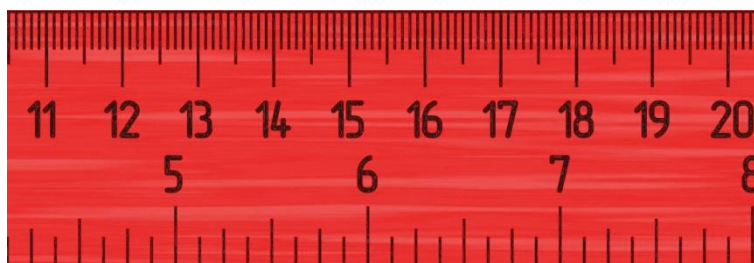
Je-li chyba použitého měřicího přístroje  $\sigma_m$  a chyba odečtu ze stupnice  $\sigma_{\text{čtení}}$ , pak

pro celkovou chybu platí vztah:  $\sigma_x = \sqrt{(t_{p,n} \cdot \sigma_{\bar{x}})^2 + (\sigma_m)^2 + (\sigma_{\text{čtení}})^2}$

## Systematické chyby měřicích přístrojů

### 1. Měřidla bez ukazatele

- např. pravítko, milimetrové měřítko, pásmo ...



- odečítáme na polovinu nejmenšího dílku stupnice, proto  $\sigma_{\text{čtení}} = \frac{1}{2}$  nejmenšího dílku stupnice

Pro měřidlo na obrázku výše bude tedy  $\sigma_{\text{čtení}} = 0,5$  mm, pokud se měří na horní stupnici s dělením po 1 mm.

### 2. Analogová měřidla s ukazatelem



stopky\*



manometr†



meteostanice‡

\* Wikimedia Commons - Андрей Куликов

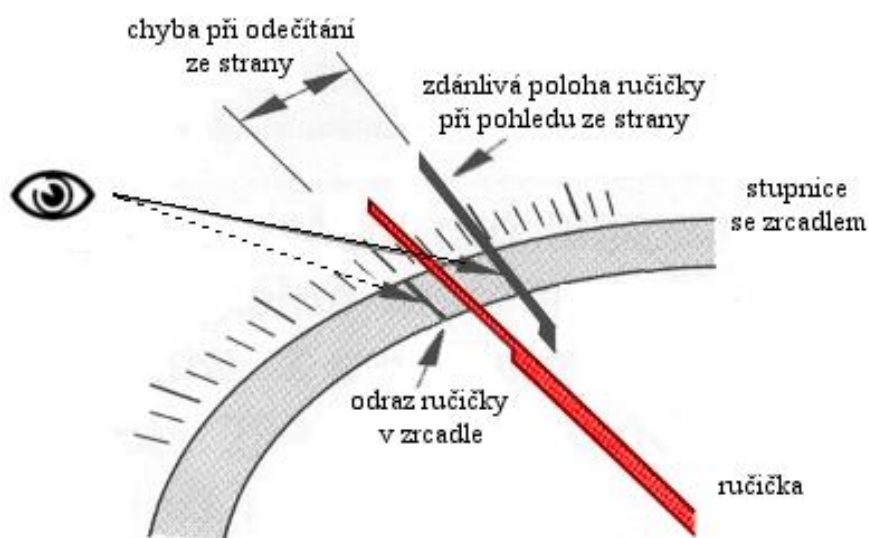
† [http://www.naradiprofesional.cz/system/media/eshop\\_products/ken5038440k-eps\\_large.jpg](http://www.naradiprofesional.cz/system/media/eshop_products/ken5038440k-eps_large.jpg); online 28.7.2011

‡ <http://www.elektroeden.cz/ImgGalery/analogova-meteostanice.jpg>; online 28.7.2011

## Chyby měřicích přístrojů

Tyto přístroje jsou opatřeny pohyblivým ukazatelem (ručičkou), který na stupnici ukazuje hodnotu naměřené veličiny. Přesnost měření závisí na citlivosti přístroje, jemnosti dělení stupnice a také na správném odečítání polohy ukazatele.

- Chyba odečtu ze stupnice:** stejně jako v případě měřidla bez ukazatele, odečítáme na polovinu nejmenšího dílku stupnice,  $\sigma_{\text{čtení}} = \frac{1}{2}$  nejmenšího dílku stupnice.
- Chyba při nevhodném úhlu odečítání ze stupnice:** při šikmém pohledu na stupnici vidíme jinou hodnotu než při správném pohledu kolmo na stupnici (viz obrázek). Jejím vzniku zabráňuje podložení ručičky zrcadlem. Odečítáme pak v takové poloze, aby ručička splýnula se svým obrazem v zrcadle.



- Chyba měřicího přístroje:** je určena **třídou přesnosti** přístroje, která udává absolutní chybu v procentech ze zvoleného měřicího rozsahu.

Příklad: Voltmetr má třídu přesnosti 1. Měříme na rozsahu 200 V. Jaká je chyba měření?

Chyba měření bude 1 % ze zvoleného rozsahu, tedy  $\sigma_m = 2$  V. Tato chyba je stejná pro všechny hodnoty naměřené při tomto rozsahu. Relativní chyba naměřených hodnot se ale mění v závislosti na naměřené hodnotě:

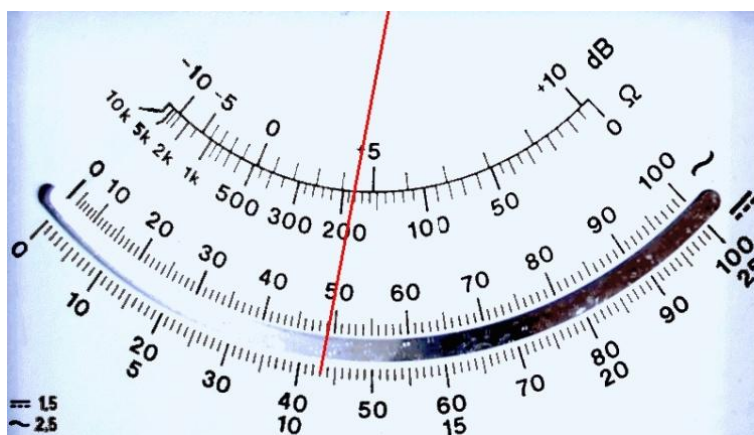
$$U_1 = (100 \pm 2) \text{ V s relativní chybou } 2 \%$$

$$U_2 = (10 \pm 2) \text{ V s relativní chybou } 20 \%$$

- Celková chyba měření:** je dána kombinací všech chyb, stanovíme ji podle kvadratického zákona hromadění chyb.

## Chyby měřicích přístrojů

**Příklad:** Na obrázku níže je stupnice analogového multimetru UNI-21, který je nastaven na měření stejnosměrného proudu na rozsahu 5 A. Zapište naměřenou hodnotu včetně chyby.



Stupnice má 100 dílků, 1 dílek tedy odpovídá 0,05 A. Naměřená hodnota proudu  $I = 43 \cdot 0,05 = 2,15$  A. Chyba odečtu  $\sigma_{\text{čtení}} = 0,025$  A. Chyba přístroje je dána třídou přesnosti (na obrázku v levém dolním rohu, pro stejnosměrný rozsah je třída přesnosti 1,5),  $\sigma_m = 5 \cdot 1,5 \% = 0,075$  A.

Celková chyba  $\sigma_I = \sqrt{(\sigma_m)^2 + (\sigma_{\text{čtení}})^2} = \sqrt{0,075^2 + 0,025^2} = 0,079056941$  A.

Multimetrem byl tedy naměřen proud:

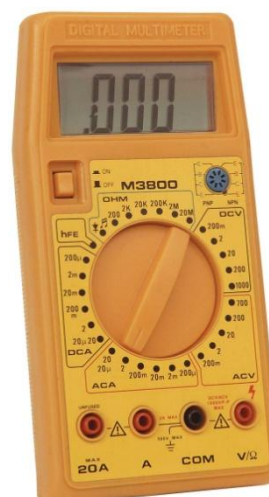
$$I = (2,15 \pm 0,08) \text{ A s relativní chybou } 3,7 \%$$

### 3. Digitální měřidla

Digitální měřicí přístroje mají místo měřicí sestavy analogovo-digitální převodník. Naměřená hodnota se zobrazuje jako číslo.

Chyba měření digitálního měřicího přístroje se skládá z vlastní chyby měření a z chyby digitalizace. Oba dva údaje je nutné nalézt v manuálu k přístroji. Obvykle jsou tato data zadána formou tabulky:

Rozsah	Rozlišení	Přesnost
<b>AC proudy</b>		
20 uA	10 nA	3.0 % + 7 dg
200 uA	100 nA	1.0 % + 3 dg
2 mA	1 uA	1.0 % + 3 dg
20 mA	10 uA	1.0 % + 3 dg
200 mA	100 uA	1.8 % + 3 dg
2 A	1 mA	1.8 % + 3 dg
20 A	10 mA	3.0 % + 7 dg



## Chyby měřicích přístrojů

---

- a. **Chyba digitalizace:** souvisí s nastavením posledního místa a vyplývá z rozlišovací schopnosti digitálního převodníku. Udává se v *digitech* (krocích), zkratka *dg* nebo *dig*. Je minimálně 1 digit, ale často mnohem více (viz tabulka výše). Hodnota 1 digitu je dána rozlišením zvoleného rozsahu měřicího přístroje.
- b. **Vlastní chyba měření:** je udávána v procentech ze změřené hodnoty (nikoliv tedy z rozsahu jako u analogových přístrojů). Pro každou naměřenou hodnotu je tedy odlišná.
- c. **Celková chyba měření:** je dána součtem obou chyb.

Příklad: Digitálním multimetrem METEX M3800 byly na rozsahu 200 mA naměřeny hodnoty střídavého proudu 31,4 mA a 93,6 mA. Zapište naměřené hodnoty včetně chyb. Potřebné údaje o měřicím přístroji jsou v tabulce výše.

Na rozsahu 200 mA má použitý přístroj rozlišení 0,1 mA a přesnost 1,8 % + 3 dg.

Celkové chyby:

$$\sigma_{I1} = 31,4 \cdot 1,8 \% + 3 \cdot 0,1 = 0,5652 + 0,3 = 0,8652 \text{ mA}$$

$$\sigma_{I2} = 93,6 \cdot 1,8 \% + 3 \cdot 0,1 = 1,6848 + 0,3 = 1,9848 \text{ mA}$$

Multimetrem byly tedy naměřeny proudy:

$$I_1 = (31,4 \pm 0,9) \text{ mA s relativní chybou } 2,9 \%$$

$$I_2 = (94 \pm 2) \text{ mA s relativní chybou } 2,1 \%$$