

## Přesnost měřících přístrojů

---

---

---

---

---

---

---

---

### Přesnost měřících přístrojů

je dána:

- zvolenou konstrukcí - typem a principem měřící soustavy
- přesností výroby
- pracovními podmínkami (poloha, teplota, ...)

#### Třída přesnosti

- výrobcem garantovaná mezní procentní odchylka přístroje
  - u analogových přístrojů je uvedena na číselníku
  - u číslicových přístrojů je uvedena v dokumentaci
- platí pro referenční podmínky (teplota 20°C, tlak, vlhkost, ...)
- z hodnoty třídy přesnosti lze určit toleranci měření = maximální možnou chybu = **NEJISTOTU MĚŘENÍ**

---

---

---

---

---

---

---

---

### Přesnost analogových přístrojů:

- standardizovány třídy přesnosti v řadě hodnot 0,05 - 0,1 - 0,2 - 0,5 - 1 - 1,5 - 2,5 a 5 (%)
- skutečná chyba přístroje:
  - je vždy menší
  - může být kladná i záporná ( $\pm$ ) !

Podle typu měřící soustavy může být tento údaj vztažen k:

- **měřené hodnotě** - číslo je v kolečku méně časté ( elektroměry a vibrační kmitoměry)
- **rozsahu** - číslo je nad ✓ většina přístrojů

*Pozor: 1% z rozsahu 100V je 1V, s touto nejistotou jsou měřeny i malé hodnoty. Pro 10V je pak možný výsledek 10V  $\pm$ 1V.*

*Nejistota změření dosáhla hodnoty 10% !!!*

Tyto přístroje měří „přesně“ na konci stupnice, proto se snažíme dosáhnout výchylky v druhé polovině, nejlépe v poslední třetině stupnice.

---

---

---

---

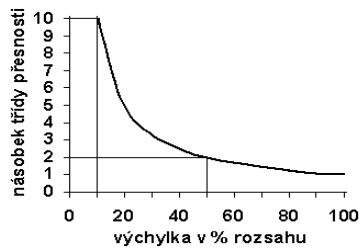
---

---

---

---

**Závislost nejistoty měření na výchylce (využití měřícího rozsahu) přístroje s třídou přesnosti vztahenou k rozsahu**



**Průběh nejistoty měření je hyperbolický !!!**  
 Při malých výchylkách výrazně narůstá relativní nejistota měření a to až na několiknásobek třídy přesnosti !

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Výpočet nejistoty měření analogového přístroje**

U většiny přístrojů je třída přesnosti ( $\delta_{TP}$ ) vztahena k rozsahu  
 Absolutní nejistota měřené veličiny:

$$\Delta_x = \pm X_R \frac{\delta_{TP}}{100}$$

Relativní nejistota změřené hodnoty:

$$\delta_x = \pm \delta_{TP} \frac{X_R}{X} \quad [\%]$$

X – změřená hodnota (výchylka přístroje)  
 $X_R$  – měřící rozsah

**Příklad:** Jaká je nejistota změřeného napětí 30V na rozsahu 120V při měření přístrojem s třídou přesnosti 1,5% z rozsahu?

$$\delta_U = \pm \delta_{TP} \frac{U_R}{U} = \pm 1,5 \cdot \frac{120}{30} = 6\%$$

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Přesnost digitálních přístrojů**

není zavedena řada hodnot tříd přesnosti

Digitální přístroj má dvě funkční části:

- **analogovou** - provádí úpravu signálu - zesílení/zeslabení velmi často také převod jiné veličiny na napětí (I→U, R →U, ...)
- chyba analogové části se udává v % v měřené hodnoty (angl. Reading)
- **Číslicovou** - digitalizuje a následně zpracovává číslicové údaje - posun desetinné čárky, přepočítání na měřenou vstupní veličinu (A, Ω, ...)
- chyba číslicové části se udává v digitech (angl. Full Scale)
  - Digit - hodnota jednoho kvanta - nejmenší zobrazená hodnota na posledním místě displeje
  - v dokumentaci se označuje jako dig., D nebo d.
  - jedná se hodnotu vztahenou k rozsahu ! (stejně jako u většiny analogových přístrojů)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Výpočet nejistoty měření číslicového přístroje

Chyby číslicových přístrojů se udávají ve tvaru:

$$\delta_x = \pm(\delta_1 + d)$$

- >  $\delta_1$  – chyba naměřené hodnoty v % - konstantní v celém rozsahu, v katalogích se označuje jako  $\delta_R$  (Reading – rdg)
- >  $d$  – chyba plného rozsahu (Full Scale), udává se v digitech

Výpočet procentní chyby z měřicího rozsahu:

$$\delta_2 = \frac{d}{\text{rozsah displeje}} \cdot 100 \quad [\%]$$

Rozsah displeje – maximální zobrazitelná hodnota

Např.: pro 3½ displej je to 1 999, pro 3¾ displej 3 999, pro 4½ displej 19 999

Výpočet relativní (procentní) chyby z měření hodnoty

$$\delta_x = \pm \left( \delta_1 + \delta_2 \frac{X_R}{X} \right) \quad [\%]$$

$X_R$  – měřicí rozsah

---

---

---

---

---

---

---

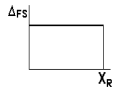
---

---

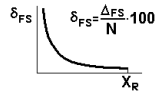
---

### Závislost kvantovací chyby (Full Scale) a chyby analogové části (Reading) na měřené veličině

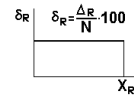
Absolutní chyba číslicové části  $\Delta_{FS}$   
je v celém rozsahu stejná



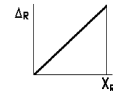
Relativní chyba číslicové části  $\delta_{FS}$   
se zmenšující se výchylkou výrazně roste



Relativní chyba analogové části  $\delta_R$   
je v celém rozsahu stejná



Absolutní chyba analogové části  $\Delta_R$   
roste úměrně s hodnotou




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Příklad výpočtu nejistoty měření číslicového přístroje

Číslicový multimetr s 3 ½ místným displejem  $\Rightarrow$  zobrazená hodnota je 1999, má chybu  $\delta_1 = \pm(1,5\% + 7\text{digit})$ .

Vypočítejte chybu měření na rozsahu 2A při měřeném proudu 0,6 A.

$$\delta_2 = \frac{d}{\text{rozsah displeje}} \cdot 100 = \frac{7}{1999} \cdot 100 = 0,35 \%$$

Celková chyba má tvar:  $\pm(1,5 \text{ rdg} + 0,35 \text{ FS}) \%$

Pro relativní nejistotu měření platí:

$$\delta_x = \pm \left( \delta_1 + \delta_2 \frac{X_R}{X} \right) = \pm \left( 1,5 + 0,35 \frac{2}{0,35} \right) = 2,67 \%$$

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Ověřování měřících přístrojů

- přístroje ověřujeme **nejméně jednou a 2 roky** (*laboratorní častěji*)
- k ověřování používáme přístroj o 2 třídy přesnější
- u tříd přesnosti 0,1 až 0,5 (laboratorních) se ověření provádí **nejméně na 6 hlavních bodech** stupnice
- u tříd přesnosti 1 až 5 **nejméně na 4 hlavních bodech**
- vybrané body musí mít **rovnoměrný rozestup !**
- na ověřovaném přístroji plynule zvyšujeme výchylku po maximum, následuje 30 minut na maximální výchylce = zahřátí přístroje a potom výchylku plynule snižujeme
- z obou hodnot (*nahoru a dolů*) vypočítáme průměr
- nakreslíme korekční křivku - *osa x změřená hodnota, osa y korekce*
- **korekce** = hodnota skutečná – naměřená  $k = X_S - X_N$
- **skutečnou hodnotu** získáme **přičtením** korekce k hodnotě naměřené  $X_S = X_N + k$

---

---

---

---

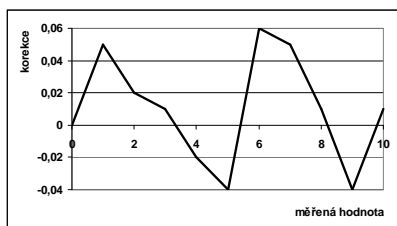
---

---

---

---

### Příklad průběhu korekční křivky



U automatizovaných kalibračních systémů je princip opačný - při ověřování se nastavuje skutečná hodnota  $\Rightarrow$  korekční křivka není zkonstruována pro hlavní dílky stupnice !

---

---

---

---

---

---

---

---