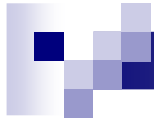


Seminář ČSJ

Odborná skupina statistické metody

19.1.2012

Praha



Kvalita měřicího procesu

-

Chyby měření a měřicích přístrojů

Doc. Ing. Olga Tůmová, CSc.



Murphyho zákony doporučují...

- 1. měřit se nemá !
- 2. když už se měří, tak jen 1-krát !!
- 3. měří-li se víckrát, pak se výsledkům nedívat !!!



C h y b y měření a měřicích přístrojů



Proč a jak měříme...

- měřicím zařízením a zvolenou metodou se na měřeném objektu určuje velikost jisté veličiny
- vlivem zpětného působení měřicího zařízení na měřený objekt dochází ke změnám poměrů v měřeném objektu
- to má za následek, že nelze měřením zjistit skutečnou hodnotu veličiny
- při každém reálném procesu dochází k chybám
- obecně platí požadavek, aby absolutní chyba **co nejmenší**

$$\Delta \rightarrow 0!$$

- *Poznámka:* Z filologického hlediska se pochopitelně nejedná o chyby, ale o odchylky od skutečné hodnoty



Rozdělení chyb podle příčin vzniku

chyby metody (Δ_m, δ_m)

- většinou korigovatelné systematické chyby, vznikají vzájemným působením měřicího přístroje a měřeného obvodu:
 - a) zapojením přístroje do obvodu se připojí přídatný R , L nebo C (podle charakteru přístř.)
 - b) měřicí přístroj koná v obvodu práci, proto odebírá energii z měřeného signálu: spotřeba přístroje je udána výrobcem ve W , VA , W/V

chyby měřicích přístrojů (Δ_p, δ_p)

- jsou dány vlastnostmi přístrojů, nedokonalostí jejich výroby i vlivem okolí:
 - a) *základní chyby měřicích přístrojů* – zahrnuty v třídě přesnosti; tj. maximální možná chyba, pokud se přístroj používá podle pokynů a za podmínek udaných výrobcem (teplota, tlak, vlhkost vzduchu, cizí elmg. pole, poloha)
 - b) *přídavné chyby měřicích přístrojů* – vznikají, pokud nejsou nebo nemohou být dodrženy podmínky stanovené výrobcem; tyto chyby mohou být i několikanásobně větší než chyby základní

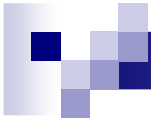


chyby členů měřicího obvodu

- jsou způsobeny nepřesnostmi vyrovnání a kalibrace etalonů; pro velmi přesná měření je udávána největší dovolená odchylka od jmenovité hodnoty

chyby způsobené rušivými vlivy

- jsou obtížně korigovatelné;
(rušivá napětí, C - nebo L -vazby, R -vodičů, atd.)



chyby čtení

- způsobeny pozorovatelem

celkové chyby měření

- jsou výsledkem většího počtu dílčích chyb



Rozdělení chyb podle zdrojů

chyby objektivní

- způsobené objektivními příčinami

chyby subjektivní

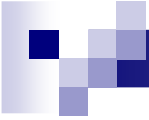
- zaviněné např. obsluhou



Rozdělení chyb podle způsobu výskytu

chyby systematické (soustavné)

- při opakování téhož experimentu mají stále stejné znaménko na příslušné úrovni sledované veličiny
- způsobeny členy v měřicím řetězci a měřicí metodou, např. spotřebou přístrojů, nepřesností etalonů, vlivem frekvence, teploty apod.
- teoreticky lze eliminovat zavedením početních korekcí při zpracování výsledku měření nebo úpravou měřicího systému

- 
- korigovatelné tehdy, známe-li příčiny a zákonitosti jejich vzniku nebo pokud je můžeme s jistou pravděpodobností určit kontrolním měřením
 - Např. (chyby aditivní, multiplikatívni, linearity)
 - *Problém:*
v praxi mohou být značně velké,
někdy nekorigovatelné →
není-li k dispozici přesnější kontrolní měření
nebo teoretickým rozbořem nelze určit příčiny
systematické chyby.

chyby náhodné (nahodilé)

- jejich příčiny neznáme a jejich vliv lze zmenšit jen opakovaným měřením za stejných podmínek
- Např. nepravidelné kolísání teploty, změna odporu vlivem oteplení vodičů průchodem proudu, chyba reverzibility apod.
- opakováním se metoda měření nezpřesní, zpřesní se jen výsledek měření
- při opakovaném měření – náhodné chyby rozloženy při N-rozdělení symetricky kolem skutečné (konvenční) hodnoty
- *Poznámka:* ve výjimečných případech mohou některá opakovaná měření mohou vykazovat i jiná rozdělení pravděpodobnosti



chyby hrubé (omyly)

- Příčiny: nesprávné měření,
(velká nepřesnost nebo porucha
měřicího přístroje)
nebo selhání pozorovatele
- Dosáhnou někdy i velikosti, že zcela zkreslí a
znehodnotí výsledek
- zpravidla jsou snadno rozeznatelné od ostatních hodnot,
je nutné je vyloučit ze souboru naměřených hodnot
- *Poznámka:* hrubé chyby nesmíme zaměňovat s odlehlými
hodnotami – tam musíme zjistit, proč došlo k takové změně

Vyhodnocení náhodných chyb

$N(0, \sigma^2)$

- Gaussova křivka - graf. vyjádření rozložení náhodných chyb
- rozdělení $N(0, \sigma^2)$, předpokládá se, že platí Gaussův zákon

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 (\Delta X)^2}$$

kde y ... hustota rozdělení pravděpodobnosti, že nastane chyba velikosti ΔX



ΔX ... velikost náhodné chyby

σ^2 ... rozptyl normálního rozdělení

h ... míra přesnosti

$$h = \frac{1}{\sqrt{2\sigma}}$$

- střední hodnota náhodných chyb je dána vztahem

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta X_i = 0$$

- pravděpodobná chyba Δ_P – určuje interval $\pm \Delta P$,
kde leží pravá hodnota s pravděpodobností
 $P = 50\%$
- směrodatná odchylka s výběrová (dříve zvaná Δ_S střední
kvadratická chyba) – určuje interval $\pm 1\sigma$,
kde leží pravá hodnota s pravděpodobností $P = 68,27\%$,
- určuje také polohu inflexního bodu

$$\Delta_s = \sqrt{\frac{\Delta X_1^2 + \Delta X_2^2 + \dots + \Delta X_n^2}{(n-1)}}$$



kde n ... počet naměřených hodnot

$$(\Delta X_i)^2 = (\overline{X} - X_i)^2$$

X_i ... i -tá naměřená hodnota

\overline{X} ... aritmetický průměr

- krajní chyba Δ_K – určuje interval, kde leží pravá hodnota s pravděpodobností $P = 99,73 \%$ a je definována

$$\Delta_K = 3\sigma \approx 3\Delta_S$$



Chyby měření

- výsledky měření se získávají:
 - přímo (údaj měřicího přístroje, např. měření odporu ohmetrem),
 - nepřímo (dosazením naměřených hodnot do matematických vztahů, např. měření odporu Ohmovou metodou)

Chyby naměřených hodnot

- hodnota veličiny, kterou zjistíme danou měřicí metodou, značíme naměřená hodnota N

- hodnota skutečná S (pravá, konvenční) - zjistíme ji přesnější metodou nebo teoretickým výpočtem

Poznámka: tj. hodnota, která je nejbližší objektivní pravdě v daném čase (kterou však nikdy nezjistíme – souvisí s postupně se zlepšujícími přístroji i vyhodnocováním metod měření)

- mezi nimi existuje vztah:
$$S = N - \Delta$$

- 
- absolutní chyba měřené veličiny Δ –

vyjadřuje vztah mezi naměřenou a skutečnou hodnotou; musí se u ní zachovat znaménko !

$$\Delta = N - S = -K$$

- korekce (oprava) K –

hodnota, kterou musíme k naměřené hodnotě N přičíst a získáme hodnotu pravou S ,

- je opakem absolutní chyby:

$$K = S - N$$



- relativní chyba měřené veličiny δ

(vztažená ke skutečné hodnotě)


$$\delta = \frac{\Delta}{S} \cdot 100 \quad (\%)$$

- aby mělo měření smysl, volíme takovou měřicí metodu, kdy předpokládáme, že

$$\delta \rightarrow 0$$

- při přesnějších měřeních je $N \approx S$, a relativní chyba

$$\delta = \frac{\Delta}{N} \cdot 100 \quad (\%)$$

- 
- pravá hodnota S měřené veličiny obvykle není předem známa a nelze potom určit přímo ani velikost chyby
 - pokud je výsledkem měření řada přibližných hodnot, jejichž mezní velikosti jsou N_1 a N_n , lze použít místo skutečné hodnoty S hodnotu S' , které se říká střední aproximace

$$S' = 0,5(N_1 + N_n)$$


Chyby přímých měření

- výsledek přímých měření se získá čtením údaje příslušného měřicího přístroje
- největší možná absolutní chyba měření Δ_T rovna součtu absolutní chyby údaje přístroje Δ_U a absolutní chyby metody Δ_M

$$|\Delta_T| = |\Delta_U| + |\Delta_M|$$

- největší možná relativní chyba měření δ_T je vztažena k naměřené hodnotě N

$$\delta_T = \frac{\Delta_T}{N} \cdot 100 \quad (\%)$$

- 
- Př.: Voltmetrem o třídě přesnosti TP = 1,5 a rozsahu 300 V je naměřeno napětí 225 V.

Jaká je největší možná dovolená absolutní a největší možná relativní chyba údaje měření?

$$\pm \Delta_U = 4,5 V$$

skutečná hodnota napětí

$$U = (225 \pm 4,5) V$$

a největší možná relativní chyba údaje tohoto měření

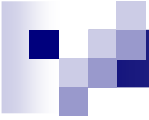
$$\delta_U = \pm \frac{4,5}{225} 100 = \pm 2 \%$$

Poznámka: pro stanovení celkové (totální) chyby měření je nutné stanovit ještě chybu metody



Chyby nepřímých měření

- při nepřímém měření je dán výsledek matematickou funkcí nezávislých proměnných
- jejich hodnoty jsou obvykle zjištěny přímými měřeními, která jsou zatížena chybami
- je-li měřená veličina Y dána $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$, pak absolutní chyba měřené veličiny Y je přibližně rovna vztahu („totální diferenciál“)



$$|\Delta_{(Y)}| = \left| \frac{\partial f}{\partial X_1} \Delta_{(X_1)} \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial X_2} \Delta_{(X_2)} \right| + \dots$$

$$\dots + \left| \frac{\partial f}{\partial X_n} \Delta_{(X_n)} \right|$$

- z dané rovnice lze určit pravidla pro určení absolutních nebo relativních chyb při základních matematických operacích

- určení relativní chyby měření, je-li měřená funkce

$$Y = f(A, B):$$

Funkce

$$Y = A + B$$

$$Y = A - B$$

$$Y = AB ; Y = \frac{A}{B}$$

$$Y = A^n$$

$$Y = \sqrt[m]{A}$$

Relativní chyba

$$\delta_Y = \frac{\Delta_A + \Delta_B}{A + B}$$

$$\delta_Y = \frac{\Delta_A + \Delta_B}{A - B}$$

$$\delta_Y = \delta_A + \delta_B$$

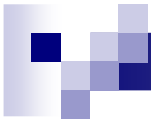
$$\delta_Y = n \delta_A$$

$$\delta_Y = \frac{1}{m} \delta_A$$

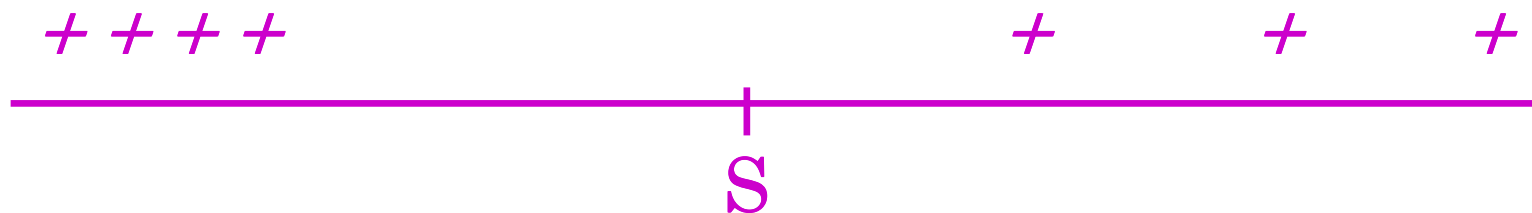


Výsledky opakovaných měření

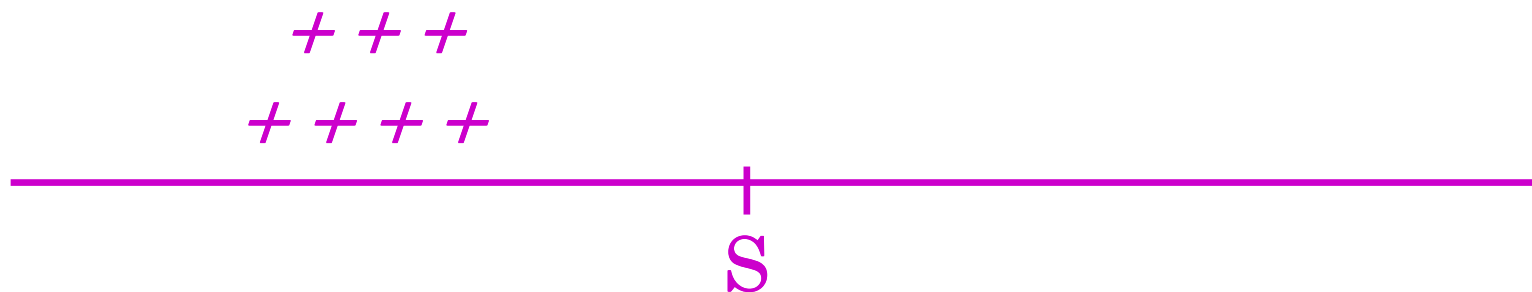
- pro zpřesnění výsledku měření (abychom mohli určit výsledek co nejbližší skutečné hodnotě S), opakují se měření několikrát za stejných podmínek
- výsledky jednotlivých měření (v obr. označené $+$) mohou být vůči hodnotě S různé

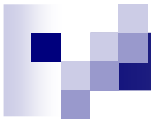


- výsledky nejsou přesné (nejsou správné ani shodné), je-li vzájemná shoda výsledků špatná

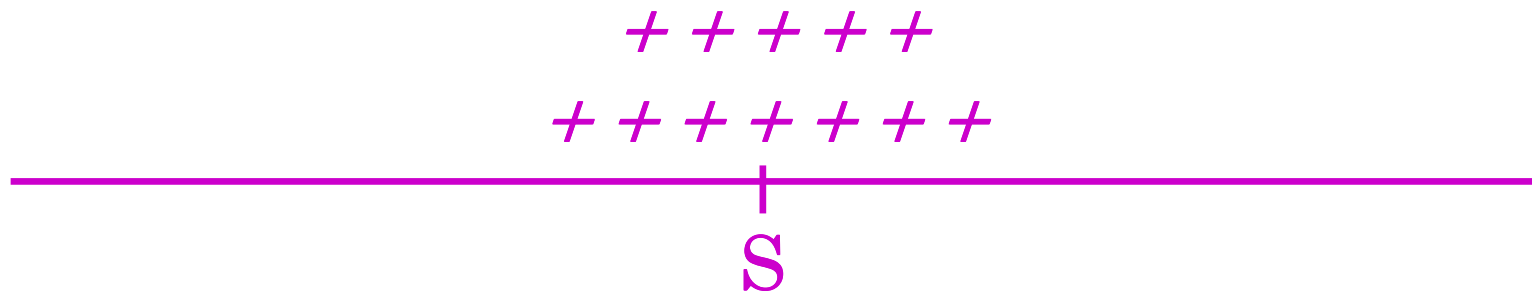


- výsledky jsou shodné, ale nejsou správné, výsledky mezi sebou shodují, ale výrazně se liší od skutečné hodnoty

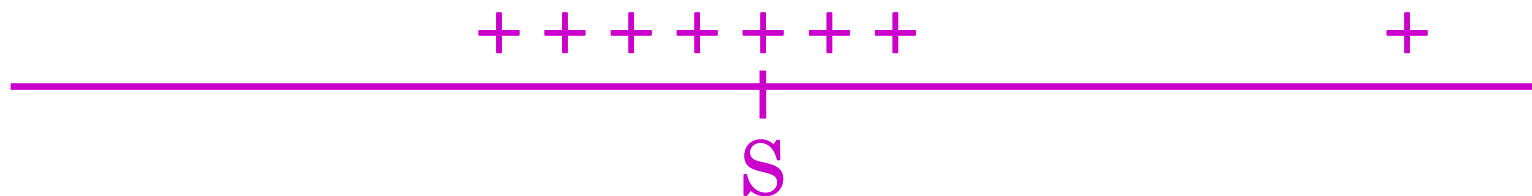




- výsledky přesné (správné a shodné současně)



- výsledky odlehlé se výrazně liší od ostatních





Vliv počtu opakovaných měření na přesnost výsledku

- Čím větší je počet měření, tím více se aritmetický průměr blíží ke skutečné (konvenční) hodnotě S
- Úměrně s počtem měření narůstá potřebný čas i ekonomická náročnost
- Při zvětšování počtu měření chyba klesá zpočátku rychle, od určitého počtu podstatně pomaleji
- Počet měření nad 20 – 30 je v technické praxi neopodstatnělé
- Doporučuje se, že počet opakování měření by neměl klesnout pod 6 - 5 !
- Trend chyby aritmetického průměru vidět v grafu



Chyby analogových a digitálních přístrojů

- Výrobce garantuje určité meze chyb měřicích přístrojů (tzv. chyby základní), pokud jsou tyto přístroje používány podle stanovených metrologických požadavků a za specifických podmínek udaných výrobcem.
- Pokud nejsou nebo nemohou být dodrženy podmínky stanovené výrobcem, dochází k přídavným chybám, které mohou i několikanásobně převýšit chyby základní.
- Chyby se vyjadřují v %, ‰ nebo ppm

Chyby přístrojů

- Referenční podmínky zahrnují -
- Klimatické veličiny,
- Mechanické veličiny,
- Veličiny ovlivňující napájení, elmg.pole, popř. záření

Referenční podmínky jsou např.:

Teplota okolního vzduchu $[(20, 23 \text{ nebo } 27) \pm (1, 2, 5 \text{ nebo } 10)] \text{ } ^\circ\text{C}$

Relativní vlhkost (45 – 75) %

Atmosférický tlak (86 – 106) kPa

Síťové napájení přístrojů $(230 \pm 4) \text{ V}$

a kmitočet napájení $(50 \pm 0,5) \text{ Hz}$

Př.:

- - teplota okolí $23 \text{ } ^\circ\text{C}$,
- - vnější magnetické pole $B < 0,5 \text{ mT}$,
- - pracovní poloha přístroje $\pm 5^\circ$.



Chyby přístrojů

- **Jmenovité pracovní podmínky** –
liší se podle typu klimatického prostředí, pro které je přístroj určen:
- Teplota okolního vzduchu v rozmezí
(+5 až +40, -10 až +55, -25 až +50 , -30 až +70) °C,
- Relativní vlhkost vzduchu 80% při 25 °C,
90% při 30 °C
- Atmosférický tlak (70 – 106 nebo 60 – 106) kPa
- Síťové napájení přístrojů (230 ± 22) V
a kmitočet napájení (50 ± 0,5) Hz



Chyby analogových přístrojů

- Základní chyby analogových měřicích přístrojů jsou zahrnuty v třídě přesnosti.
- Třída přesnosti TP –
vyjádřena jako maximální možná relativní chyba v %, pokud se přístroj používá podle stanovených metrologických požadavků výrobce určených k udržení chyb měření a za specifických vztažných podmínek udaných výrobcem ve specifikovaných mezích (teplota, tlak a vlhkost vzduchu, cizí elektromagnetické pole, poloha, druh měřených veličin apod.).

např. „TP 1“ znamená 1 % z hodnoty, kterou lze definovat 3 způsoby – viz dále (způsob určení TP je graficky uveden na přístroji)

$$\delta_u = \delta_p + \sum \delta_z$$

- Nejsou-li dodrženy vztažné podmínky, je poměrná chyba údaje přístroje dána:

součtem poměrné chyby přístroje (za vztažných podmínek) a poměrnou chybou změn údaje (které vznikají, pokud přístroj nepracuje za vztažných podmínek):

$$\delta_u = \delta_p + \sum \delta_z$$

- kde $\sum \delta_z$ je souhrn změn údaje přístroje (při měření za jiných než vztažných podmínek), udaný v % skutečné hodnoty S .
- *Poznámka:* Dovolené chyby jsou uvedeny v normách a třídy přesnosti bývají u většiny analogových měřidel normalizovány.



Chyby analogových přístrojů

- Třída přesnosti TP se určí jako poměr absolutní chyby a naměřené hodnoty vyjádřené v %.
- Naměřenou hodnotou může být – 3 způsoby:
 - a) měřicí rozsah M (používá se nejčastěji)
 - b) skutečná hodnota měřené veličiny S
 - c) délka stupnice měřicího přístroje l

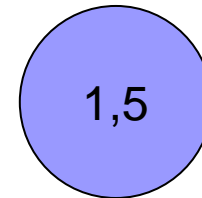
Chyby analogových přístrojů

Výpočet TP a její označení na přístroji:

■ a) $TP = \delta_{pM} = \frac{\Delta_p}{M} 100 \text{ (\%)}$ např. 1,5

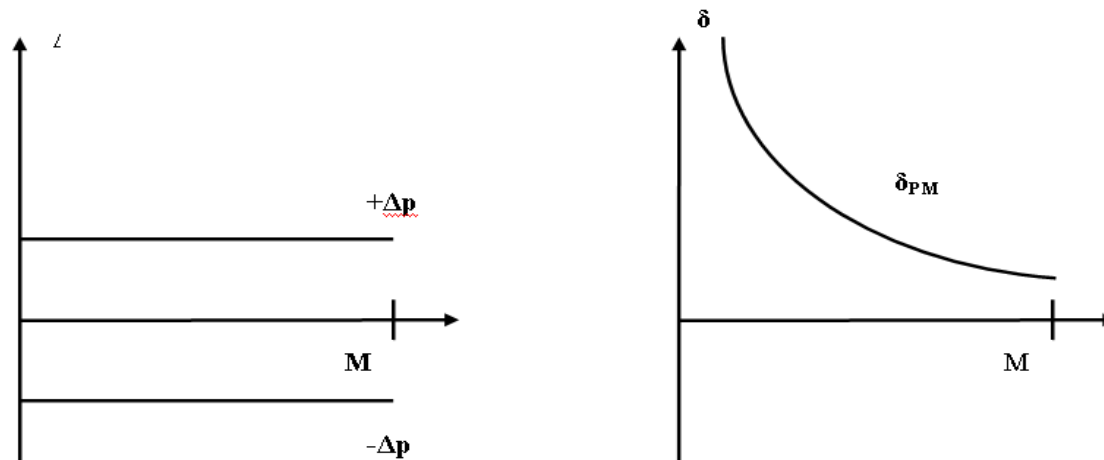
■ b) $TP = \delta_{pS} = \frac{\Delta_p}{S} 100 \text{ (\%)}$

■ c) $TP = \delta_{pl} = \frac{\Delta_l}{l} 100 \text{ (\%)}$



- V praxi je nejčastěji třída přesnosti typu a).

Chyby analogových přístrojů



Ukázka závislosti absolutní a relativní chyby na rozsahu analogového přístroje, je-li třída přesnosti vztažena k rozsahu M



Chyby analogových přístrojů

- Hlavními příčinami chyb analogových měřicích přístrojů s elektromechanickým měřicím ústrojím jsou:
 - nepřesnost výroby a nepřesnost kalibrace,
 - rušivé síly a momenty,
 - vnitřní rušivá elektrická a magnetická pole,
 - oteplení vlastní spotřebou přístroje,
 - stárnutí materiálu a součástek,
 - opotřebení a poškození přístroje.
- Každá z těchto příčin působí další kombinované chyby analogových přístrojů



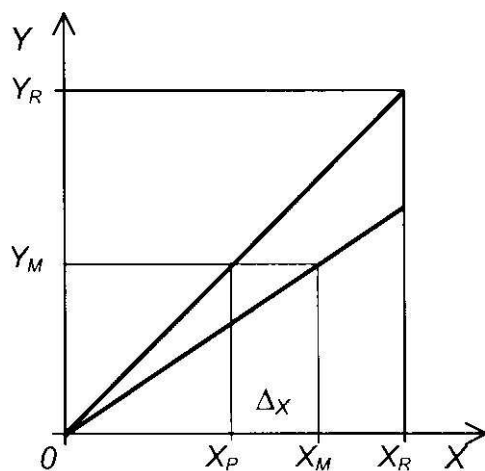
Chyby analogových přístrojů

Veličiny, které většinou vyvolávají přídavné chyby:

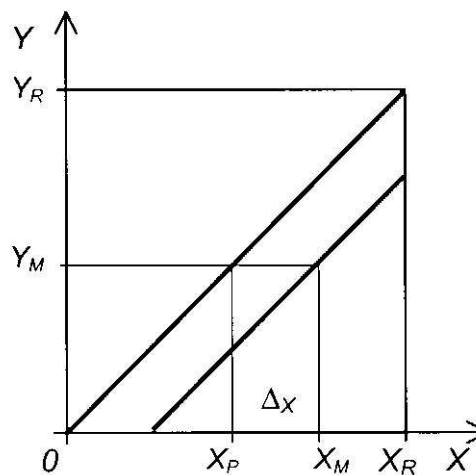
- teplota okolí,
 - vychýlení přístroje ze správné polohy,
 - kmitočet a tvar křivky měřené střídavé veličiny.
- Analogové přístroje mají většinou stupnici cejchovanou pro měření efektivní hodnoty harmonického průběhu.
- *Poznámka:*
- Pokud ve skutečnosti se jedná o jiný periodický průběh, je třeba výsledek na přístroji přepočítávat (např. pomocí činitele tvaru).
 - Obdobně musíme postupovat, chceme-li změřit maximální nebo střední hodnotu příslušné veličiny.

Chyby analogových přístrojů

- a) absolutní multiplikativní chyba se zvětšuje s naměřenou hodnotou (obvykle chybné nastavení hlavních měřicích prvků přístroje)
- b) absolutní aditivní chyba vzniká chybným nastavením nulové polohy přístroje nebo chybovém napětí (offsetu) zesilovače



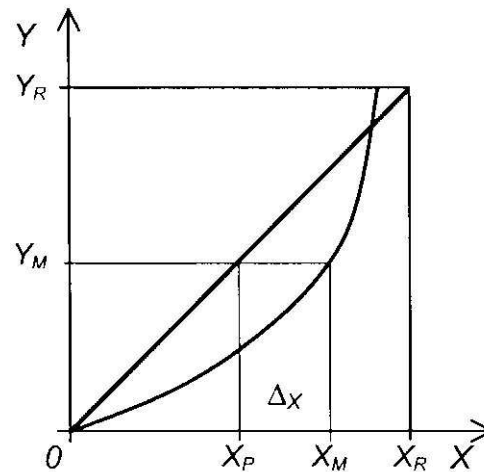
a) Multiplikativní chyba



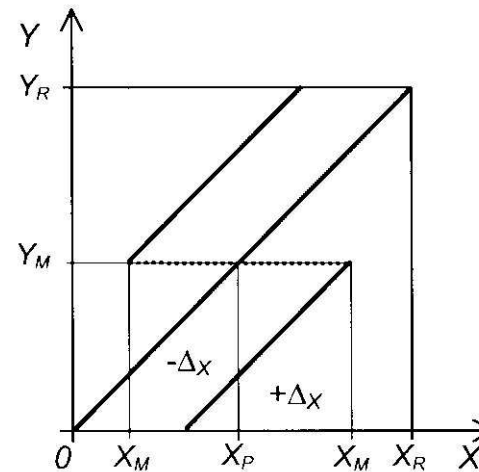
b) Aditivní chyba

Chyby analogových přístrojů

- a) chyba linearity (nelineární charakteristiky použitých součástek a materiálů, nepřesnost montáže), může měnit znaménko, lze odstranit korekční křivkou přístroje
- b) chyba reverzibility (způsobí rozdílné údaje přístroje při snižování a zvyšování měřené veličiny)



a) Chyba linearity



b) Chyba reverzibility



Chyby digitálních přístrojů

- Spojitý analogový signál je pro měření digitálním přístrojem upravit - vznikají chyby:
- Chyba vzorkováním – vzniká vlivem zvolené vzorkovací frekvence, nutné pro věrohodnou rekonstrukci měřeného signálu (Shannonův teorém)
- Chyba kvantováním - závisí na rozlišovací schopnosti zvoleného A/D převodníku (viz tabulka)



Chyby digitálních přístrojů

- Základní chyby digitálních přístrojů se skládají ze dvou složek:
 - 1. část chyby je udána v % údaje měřené veličiny (MH nebo rdg – of reading) a
 -
 - 2. část chyby je vztažena k maximální hodnotě měřicího rozsahu (MHMR nebo FS – full scale).

Chyby digitálních přístrojů

- **Základní chyba absolutní:** $\Delta_{celk} = \Delta_{čtení} + \Delta_{rozsahu} =$
 $= \pm (x \% \text{ z údaje měřené hodnoty} + y \% \text{ z měřicího rozsahu})$

(Chyba rozsahu může být též vyjádřena počtem kvantovacích kroků - digitů).

- **Základní chyba relativní:** $\delta_{celková} = \delta_{čtení} + \delta_{rozsahu}$
Je dána součtem relativní chyby měřené hodnoty a relativní chyby vztažené k maximální hodnotě rozsahu vyjádřené v procentech.

- Chyby digitálních přístrojů mohou být rozšířeny o chyby, které garantuje výrobce za určitý časový úsek (např. měsíc, 3 měsíce nebo 1 rok).

Chyby digitálních přístrojů

- **Absolutní chybu** digitálních přístrojů lze vyjádřit dvěma způsoby:

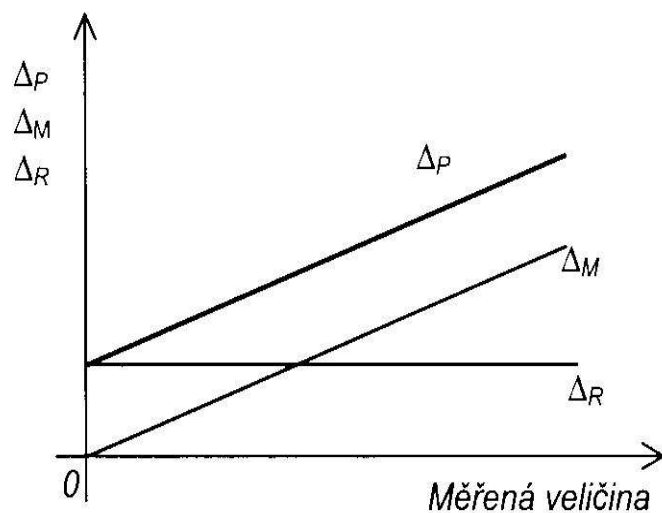
- a)
$$|\Delta_{celková}| = \left| \frac{\delta_1}{100} \cdot U_x \right| + \left| \frac{\delta_2}{100} \cdot U_M \right| = |\Delta_1| + |\Delta_2|$$

- kde δ_1 je relat. chyba v % U_x (údaje měřené veličiny),
 δ_2 je relat. chyba v % U_M (hodnoty měřicího rozsahu).

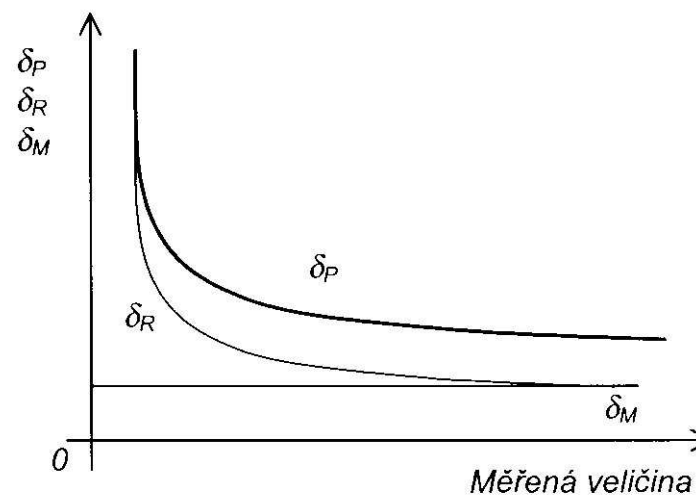
- b)
$$\Delta_{celková} = \pm \left(\frac{\delta_1}{100} \cdot U_x + \Delta_3 \cdot k \right)$$

- kde δ_1 je relat. chyba v % U_x (údaje měřené veličiny),
 $(\Delta_3 \cdot k)$ je absolutní chyba udaná v počtu jednotek posledního místa číslicového zobrazovače, tj. počet kvantovacích kroků.

Chyby digitálních přístrojů



Absolutní chyba údaje číslicového měřicího přístroje



Relativní chyba údaje číslicového měřicího přístroje

Ukázka celkové (totální) absolutní Δ_P a relativní δ_P chyby digitálního přístroje (součet chyby údaje Δ_M a chyby rozsahu Δ_R)

Příklady chyb digitálních přístrojů

- **Digitální voltmetr** má pětimístný zobrazovač (99999), na rozsahu 10 V bylo změřeno 5,0000 V.
 - a) výrobce stanovil základní chybu přístroje
$$\Delta = \pm (0,01 \% \text{ údaje} + 0,01 \% \text{ rozsahu})$$
 - pak základní absolutní chyba
$$\Delta = \pm (5 \cdot 10^{-4} + 10 \cdot 10^{-4}) = \pm 1,5 \text{ mV}$$
 - b) pokud výrobce stanovil základní chybu přístroje
$$\Delta = \pm (0,01 \% \text{ údaje} + 9 \text{ kvantovacích kroků}),$$
 - je základní absolutní chyba
$$\Delta = \pm (5 \cdot 10^{-4} + 9 \cdot 10^{-4}) = \pm 1,4 \text{ mV} .$$



Chyby digitálních přístrojů

- Rozlišení měřicích systémů - A/D a D/A převodu
- Příklady:
 - a) osmibitový AD-převodník má rozlišení 256 úrovní (2^8 úrovní), tj. 2,4 digit, 0,4 % z rozsahu, tj. 3,9 mV z rozsahu ± 1 V;
 - b) číslicový voltmetr, 3 digit odpovídá desetibitovému převodníku.
 - S ohledem na vyráběnou řadu se použije 12-bitový AD převodník.
 - Jeho rozlišení je $0,024 \% = 244,14 \text{ ppm} = 0,24 \text{ mV}$ z rozsahu $\pm 1 \text{ V}$.

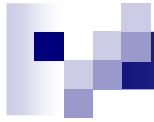
Rozlišení měřicích systémů (AD a DA převodu)

počet bitů n	počet úrovní 2^n	digit $D = \log 2^n$	LSB %	LSB ppm	LSB $mV z 1V$	Dynam. rozsah - dB
1	2	0,3	50,0000	500 000,00	500,0000	6,0
2	4	0,6	25,0000	250 000,00	250,0000	12,0
3	8	0,9	12,5000	125 000,00	125,0000	18,1
4	16	1,2	6,2500	62 500,00	62,5000	24,1
5	32	1,5	3,1250	31 250,00	31,2500	30,1
6	64	1,8	1,5625	15 625,00	15,6250	36,1
7	128	2,1	0,7812	7 812,50	7,81250	42,2
8	256	2,4	0,3906	3 906,25	3,90625	48,2
9	512	2,7	0,1952	1 952,12	1,95212	54,0
10	1024	3,0	0,0976	976,56	0,97656	60,0
11	2048	3,3	0,0488	488,28	0,48828	66,0
12	4096	3,6	0,0244	244,14	0,24414	72,0



Ostatní elektrické měřicí přístroje

- U elektronických a speciálních přístrojů (např. webermetry, integrační měřicí přístroje, RLC můstky atd.) závisí vyjádření údaje chyby na výrobcí.
- Pokud mají tyto přístroje zabudován v sobě ukazovací přístroj (pro čtení údaje) s udanou třídou přesnosti, vztahuje se tato třída přesnosti pouze na ukazovací přístroj (indikátor), nikoliv na celý měřicí přístroj (např. měřič zkreslení).
- Chyby této skupiny měřicích přístrojů je nutné vyhledat vždy v technické dokumentaci výrobce.



Konec přednášky

DĚKUJI
ZA POZORNOST