KLASA NARZĘDZIA POMIAROWEGO

- jest to liczba większa od błędu podstawowego

$$kl \geqslant \left| \pm \delta_g X \right| = \left| \frac{\pm \Delta_g X}{X_p} \cdot 100 \right| \quad \rightarrow \text{im mniej, tym lepiej}$$

- w zależn. od rodz. narzędzia pomiarowego X_p przyjmuje wartość:

1. $kl \rightarrow X_p$ = zakres pom. — 0,5
2. ⓚⓛ x_p = wartość wskazana — ①
3. $\underset{\checkmark}{kl}$ x_p = dł. łuku podziałki — $\underset{\checkmark}{1{,}5}$
4. $|kl|$ $x_p \rightarrow 1$. — ograniczony obszar pom.

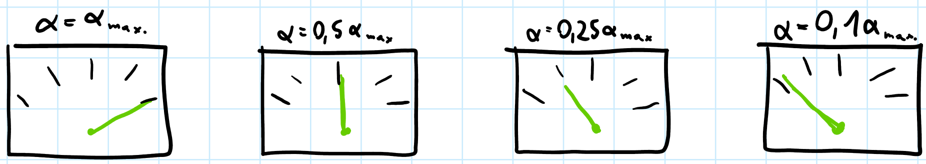
OBL. BŁ. SYSTEMATYCZNYCH

- Bł. syst. są spowodowane błędami narzędzi pom., stosowanych w procesie pomiaru, zatem: wzorców, przetworników, przyrz. pomiarowych

BŁ. POMIARU BEZPOŚREDNIEGO

- wynika z kl. dokładności zast. przyrządu pomiarowego oraz wartości pomiarowanej wielkości

Przyjmijmy, że $kl = 0{,}5$.



$\delta X = kl = 0{,}5\%$ $\quad \delta X = 2kl = 1\%$ $\quad \delta X = 4kl = 2\%$ $\quad \delta X = 10kl = 5\%$

$$\delta X = \frac{\Delta X}{X_m} \cdot 100 = kl. \cdot \frac{X_m}{X_z}$$

X_z – $X_{zmierzone}$ X_m – $X_{maksymalne}$

WNIOSEK: Zawsze należy mierzyć na właściwych zakresach pomiarowych

Zadanie 1: Na rezystorze dekadowym nastawiono rezystancję 15Ω na dekadach.

$$R_D = R_{D_1} + R_{D_2} = 5 \times 1\Omega + 1 \times 10\Omega = 15\Omega$$

$$kl_{1\Omega} = 0{,}5\% \qquad kl_{10\Omega} = 0{,}1\%$$

Znaleźć graniczny błąd względny nastawienia zadanej wartości rezystancji.

$$\Delta R_{5\Omega} = \frac{R \cdot kl}{100} = \frac{5\Omega \cdot 0{,}5}{100} = 0{,}025\Omega$$

$$\Delta R_{10\Omega} = \frac{R \cdot kl}{100} = \frac{10\Omega \cdot 0{,}1}{100} = 0{,}01\Omega$$

$$\Delta R_{15\Omega} = \Delta R_{5\Omega} + \Delta R_{10\Omega} = 0{,}035\Omega$$

$$\delta R_{15} = \frac{\Delta R_{15\Omega}}{R_{15}} \cdot 100 = \frac{0{,}035}{15} \cdot 100 = 0{,}23\%$$

BŁĄD SYST. POMIARU POŚREDNIEGO

- pomiar pośredni określa zależność

$$X = f(A, B, C \ldots)$$

- wyznaczenie wartości wielkości mierzonej X wymaga bezpośredniego zmierzenia wielkości pośrednich, przy czym każdy z tych pomiarów pośrednich wykonywany jest z okr. błędem (ΔA, ΔB, $\Delta C \ldots$)
- wynik i błąd pomiaru są funkcją wyników i błędów pomiarów wielkości pośrednich

$$X \pm \Delta X = f(A \pm \Delta A, B \pm \Delta B, C \pm \Delta C)$$

- wielkość całkowitego błędu pomiaru $\pm \Delta X$ określa się z różniczki zupełnej, która daje wystarczające przybliżenie

$$\pm \Delta X = \frac{\partial x}{\partial B} \Delta B + \frac{\partial x}{\partial C} \Delta C + \ldots$$

- ponieważ nie znamy wartości błędów, a znamy przedziały błędów, to powyższą zależność zapisujemy w postaci

$$\pm |\Delta_g X| = \pm \left(\left| \frac{\partial x}{\partial A} \Delta A \right| + \left| \frac{\partial x}{\partial B} \Delta B \right| + \ldots \right)$$

i nazywamy bezwzględnym błędem granicznym

- względny błąd graniczny określa wzór:

$$\delta_g X = \pm \left| \frac{\Delta_g X}{x} \right| \cdot 100$$

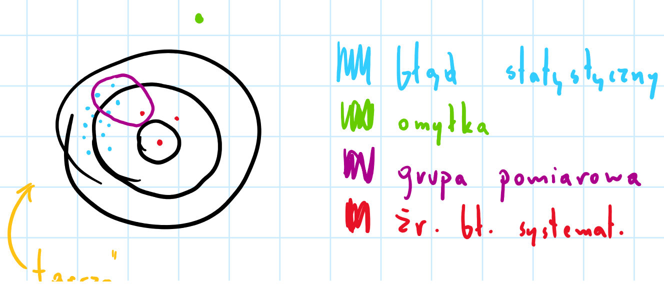
który daje zawyżoną wartość błędu

- ponieważ błędy systematyczne w pomiarach pośrednich poszczególnych wielkości mierzonych układają się losowo i niezależnie (nie ma korelacji), to błąd wypadkowy trzeba czasem określić tak samo jak błąd przypadkowy

$$\pm \Delta_{gs} X = \pm \sqrt{\left(\left(\frac{\partial x}{\partial A} \right)^2 (\Delta A)^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial B} \right)^2 (\Delta B)^2 + \ldots \right)}$$

- tak zdefiniowany błąd nazywa się błędem granicznym statystycznym

$$\delta_g X = \pm \left| \frac{\Delta_g X}{x} \right| \cdot 100$$



m śr. bł. systemat.

TEORIA BŁĘDÓW

- jest dziś powszechnie stosowana do wyznaczania wskaźnika klasy wzorców, przyrządów pomiarowych i przetworników.
- nie stosuje się jej do wyzn. błędów pomiarów

TEORIA NIEPEWNOŚCI

- teoria niepewności przyjmuje losowy rozkład niedokładności.
- niepewność – rozrzut wartości, które można w uzasadniony sposób przypisać wartości mierzonej
- NIEPEWNOŚĆ – wartość za znakiem $\pm$ w wyniku pomiaru
- Niepewność pomiaru charakteryzuje się przez podanie:
  - niepewn. standardowej
  - niepewn. złożonej
  - niepewn. rozszerzonej
- Niepewność standardowa $u(X)$ jest wyrażona przez odchylenie standardowe wyników szeregów pomiarów wykonanych w niezmiennych warunkach
- Niepewność złożona $u_Ł(X)$ obejmuje niepewności standardowe wyników pomiarów spowodowane przez efekty przypadkowe u_a i systematyczne u_b

$$u_Ł(X) = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$$

- Niepewność rozszerzona określa przedział wartości wokół wyników pomiarów:

$$U(X) = k_p \cdot u_Ł(x)$$

- wsp. rozszerzenia k_p jest powiązany z poziomem ufności p

- Przy analizie niepewności pomiaru typu A i typu B zakłada się, że wszystkie znane poprawki zostały uwzględnione w wyniku pomiaru

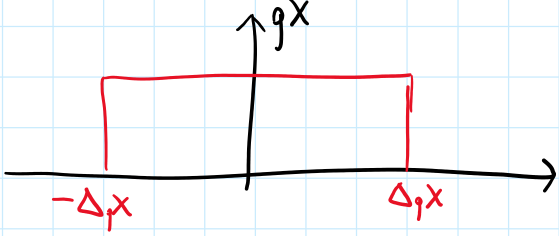
- OCENA NIEP. TYPU B

  - niep. typu B jest wywołana przez efekty systematyczne.

  - mierzonej wielkości przyporządkowuje się rozkład prawdopodobieństwa i oblicza odchylenie stand.

  - niepewności typu B wynikają z niedokładn. aparatury pomiarowej

  - rozkład błędów może być różnorodny, najczęściej jest jednostajny, lub dowolny inny, wskazany przez producenta



$$\sqcap \quad u_g(X) = \frac{\Delta_g X}{\sqrt{3}}$$ → rozkł. kwadratowy

$$\wedge \quad u_g(X) = \frac{\Delta_g X}{\sqrt{6}}$$ → rozkł. trójkątny

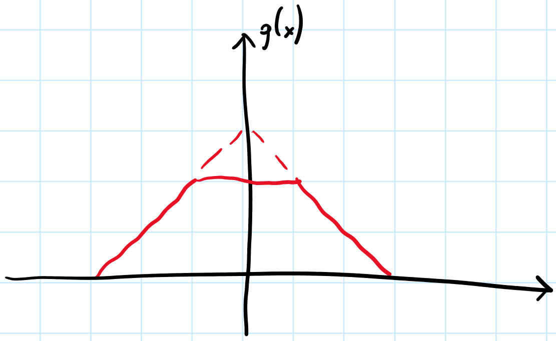
- pomiar bezpośredni $k_p = \sqrt{3} \cdot p$;

- poziom ufności p w 98% wynosi $p = 0,95$

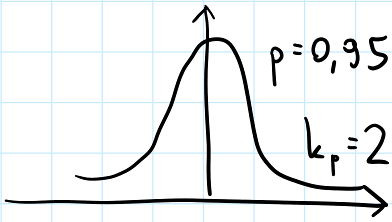
  > jeżeli w zadaniu nie ma podanej innej wartości, przyjmujemy, że $p = 0,95$

- pomiar pośredni : jeżeli mam 2 przyrządy tego samego typu nast. na te same zakresy pomiarowe, to rozkład jest trójkątny. W tym przypadku

$$k_p = \sqrt{6} \cdot p$$



- w przypadku, gdy mamy 2 różne przyrządy lub min. 3 przyrządy takie same, to rozkład wyników przyjmujemy za rozkład Gaussa:



- obliczanie niepewności typu B dla przyrządów analogowych:

Woltomierzem analogowym o kl. = 0,5 $U_n = 75V$; $\alpha_{max} = 150 dz$ odczytano wartość wychylenia $\alpha = 114,2$ dz.

Oblicz wynik pomiaru i niepewność względną dla poziomu ufności $p = 0,95$

$$U = C_V \cdot \alpha \qquad C_V = \frac{U_n}{\alpha_{max}} \quad \left[\frac{V}{dz}\right]$$

$$U = \frac{U_n}{\alpha_{max}} \cdot \alpha = \frac{75V}{150dz} \cdot 114,2 = 57,1\ V$$

$$\Delta_0 \alpha = 0,2 dz.$$

$$\Delta_0 U = \Delta_0 \alpha \cdot C_V = 0,2 \cdot 0,5 = 0,1V$$

$$u_B(U) = \frac{\Delta U}{\sqrt{3}} = \frac{kl \cdot U_n}{100\sqrt{3}} = \frac{0,5 \cdot 0,75}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 0,375\,V$$

$$U(U) = k_p \cdot u_B(U) = \sqrt{3} \cdot 0,095 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 0,375V = 0,356V$$

Odp:
$$\begin{cases} U \pm U(U) = (57,1 \pm 0,4)V \\ U_r(U) = \frac{U(U)}{U} \cdot 100 = \frac{0,356}{57,1} \cdot 100 = 0,62\ \% \end{cases}$$

- nauka zapisu wyniku pomiaru:

1) zaokrąglamy zgodnie z zasadami matematyki
   - do 5 w dół,
   - od 5 w górę
   - 5 → piszemy „równe 5 do parzystej"

2) niepewność pomiaru zaokrąglamy do 2 cyfr znaczących
   - cyfry znaczące liczby:

$1000 \rightarrow \cancel{1 \cdot 10^3} \rightarrow 1,000 \cdot 10^3$

$1000,00 \rightarrow \cancel{1 \cdot 10^3} \rightarrow 1,000000 \cdot 10^3$

$0,001 \rightarrow 1 \cdot 10^{-3}$ ✓

$138,54 \rightarrow 0,14 \cdot 10^3$

$0,01285 \rightarrow 13 \cdot 10^{-3}$

3) niepewność pomiaru zapisujemy z 1 cyfrą znaczącą w przypadku, gdy rozdzielczość pomiaru nie pozwala nam zapisać z 2 cyframi znaczącymi.

niepewność zaokrąglamy w górę, chyba że błąd wynikający z zaokrąglenia niepewności w dół nie przekroczy 10% wart. zaokrąglanej

4) liczba miejsc po przecinku wartości odczytanej i niepewności pomiaru musi być taka sama.

KOLOS: niepewność, przyrząd anal. i cyfr.