

Podstawy elektroniki, elektrotechniki i miernictwa

Wykład 1 Podstawy teorii obwodów

Podstawy elektroniki, elektrotechniki i miernictwa

Dr inż. Janusz Dudziak

Literatura:

- P. Hempowicz, **Elektrotechnika i elektronika dla nieelektryków**, WNT 2004
- S. Bolkowski **Teoria obwodów elektrycznych** WNT 2003
- S. Osowski, K. Siwek, M. Śmiałek **Teoria obwodów** Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2006

Podstawy elektroniki, elektrotechniki i miernictwa

O czym będzie

- *Podstawowe definicje, ładunek, prąd, potencjał, różnica potencjałów, obwód elektryczny i elementy w tymże obwodzie*
- *Miernictwo*
- *Teoria obwodów*
- *Elementy aktywne – lampy i przyrządy półprzewodnikowe*
- *Tranzystory – zasada działania, tranzystor w układzie.*

wstęp

- *Wielkości fizyczne, z którymi będziemy mieli do czynienia przeważnie są zmienne w czasie i jako takie będą oznaczane małą literą, np.*
 - ◆ *$u(t)$ lub u*
- *Wielkości stałe w czasie oznaczane będą literą dużą*
 - ◆ *U (napięcie)*
 - ◆ *Q (ładunek)*

wstęp

- Operuje się wielkościami
 - ◆ skalarnymi (częściej) oraz
 - ◆ wektorowymi. (czasami)
- Wielkości skalarne, np. I (natężenie)
- Wielkości wektorów mają wartość i zwrot (kierunek) i oznaczane będą przykładowo tak:

$$\begin{array}{l} \vec{} \\ \vec{F} \\ \vec{E} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{(siła)} \\ \text{(natężenie pola elektrycznego)} \end{array}$$

- Długość (wartość) wektora oznaczana będzie symbolem bez strzałki
 - ◆ F lub $|F|$ (wartość siły),
 - ◆ E lub $|E|$ (wartość natężenie pola elektrycznego)

Ładunki elektryczne

- Istnieją dwa rodzaje ładunków elektrycznych, oznaczane jako dodatnie i ujemne
- Ładunki jednoimienne się odpychają, różnoimienne się przyciągają
- Struktura ładunku jest kwantowa, tzn. istnieje elementarna wielkość ładunku oznaczana e równa ładunkowi elektrycznemu jednego elektronu. Jednostką jest kulomb (C)

$$1C = 6,24150636309402780020 \cdot 10^{18} e$$
- Poruszające się ładunki tworzą prąd elektryczny, który może mieć charakter prądu przewodzenia (w przewodnikach) lub prądu przesunięcia (przemieszczenie elektronów względem jąder, jonów względem siebie w siatce krystalicznej)

Ładunki elektryczne

a) W
 x
 Pasma przewodnictwa (elektrony swobodne)
 Pasma walencyjne
 Jądra

b)
 W_c Pasma przewodnictwa
 W_g Pasma zabronione
 W_v Pasma walencyjne

- ◆ Przewodniki miedź – $10^{-8} \Omega \cdot m$
- ◆ Półprzewodniki krzem – $2 \cdot 10^3 \Omega \cdot m$
- ◆ Izolatory mika - $10^{14} \Omega \cdot m$

Pole elektryczne

Siłę oddziaływania pomiędzy ładunkami określa prawo Coulomba

$$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Natężenie pola elektrostatycznego (df)

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Natężenie pola w odległości r od ładunku punkowego Q

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad \epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m (farad na metr) -przenikalność elektryczna próżni}$$

Jednostką jest $[\vec{E}] = \frac{1N}{1C} = \frac{1W \cdot s}{1m \cdot A \cdot s} = 1 \frac{V}{m}$

Pole elektryczne

- pole elektryczne jest polem wektorowym
- Przesunięcie ładunku q wzdłuż linii pola wymaga wykonania pracy

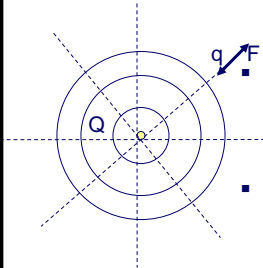
$$dW = \vec{F} d\vec{l} = q \vec{E} d\vec{l}$$

- Dla ładunku jednostkowego

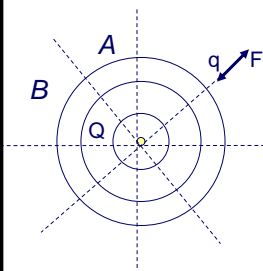
$$dW = \frac{\vec{F} d\vec{l}}{q} = \vec{E} d\vec{l}$$

- Przyjmuje się, że potencjał jest równy 0 w punkcie nieskończenie odległym od ładunku wytwarzającego pole. Potencjał w punkcie A odległym o r od ładunku wytwarzającego pole jest równy

$$V_A = \int_r^{\infty} \vec{E} d\vec{l}$$



Pole elektryczne



Różnica potencjałów pomiędzy dwoma punktami pola równa pracy W_{AB} wykonanej przez siły pola elektrycznego podczas przenoszenia ładunku q podzielonej przez wielkość tego ładunku nazywana jest **napięciem** pomiędzy punktami A i B

$$U_{AB} = \int_{l_{AB}} \vec{E} d\vec{l} = \frac{W_{AB}}{q}$$

Napięcie (U) pomiędzy dwoma punktami wynosi 1 V jeżeli potrzeba 1 J energii aby przenieść 1 C ładunku z jednego punktu do drugiego

Prąd elektryczny

- Prąd elektryczny jest uporządkowanym ruchem ładunków elektrycznych.

- natężenie prądu elektrycznego** definiowane jest jako granica stosunku ładunku elektrycznego przepływającego przez przekrój poprzeczny do czasu, gdy czas ten dąży do zera.

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt}$$

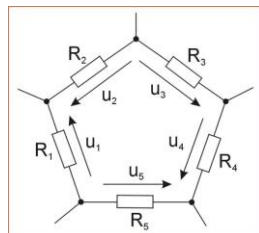
- natężenie prądu elektrycznego będzie oznaczany literą i (dużą lub małą). Jest wielkością skalarną, a jego jednostką w układzie SI jest amper (A).

- $1A=1C/s$

Obwód elektryczny

Za **obwód elektryczny** uważać będziemy takie połączenie elementów ze sobą, że istnieje możliwość przepływu prądu w tym połączeniu. Obwód posiada pewną strukturę.

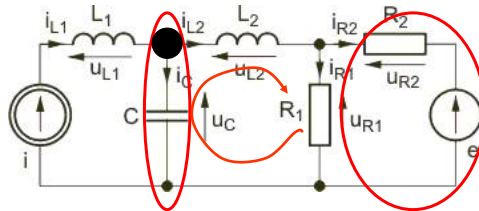
Różnica potencjałów między dwoma punktami tego środowiska nazywana jest napięciem elektrycznym. Jednostką napięcia elektrycznego jest volt (V).



Obwód elektryczny

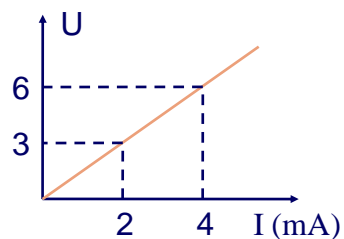
Na strukturę obwodu elektrycznego składają się gałęzie, węzły i oczka.

- **Gałąź** obwodu jest tworzona przez jeden lub kilka **elementów** połączonych ze sobą w określony sposób.
- **Węzeł** obwodu jest zacisk będący końcówką gałęzi do którego można dołączyć następną gałąź lub kilka gałęzi. Gałąź obwodu ograniczona jest dwoma węzłami.
- **Oczkiem** obwodu jest zbiór gałęzi połączonych ze sobą i tworzących drogę zamkniętą dla prądu elektrycznego. Usunięcie dowolnej gałęzi z oczka powoduje, że pozostałe gałęzie nie tworzą drogi zamkniętej.



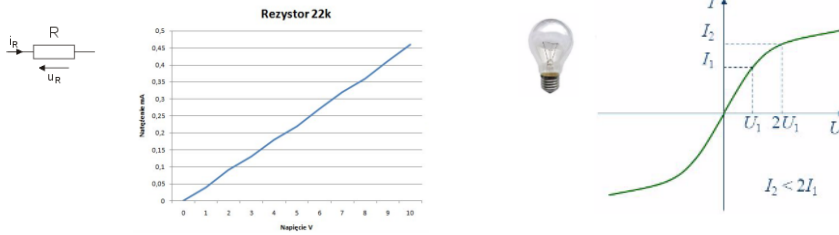
Obwód elektryczny

Właściwości elektryczne elementów są opisane przez związki (zależności matematyczne) między prądami i napięciami nazywane *charakterystykami elementu*.



Elementy obwodu elektrycznego

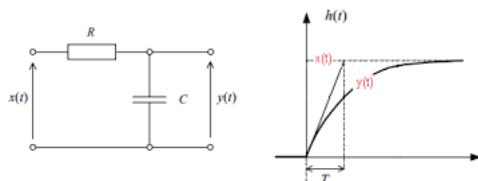
- elementy liniowe lub nieliniowe;



- elementy inercyjne lub bezinercyjne;
- elementy stratne lub bezstratne;
- elementy czynne (aktywne) lub bierne (pasywne).

Elementy obwodu elektrycznego

- elementy liniowe lub nieliniowe;
- elementy inercyjne lub bezinercyjne;



- elementy stratne lub bezstratne;
- elementy czynne (aktywne) lub bierne (pasywne).

Elementy obwodu elektrycznego

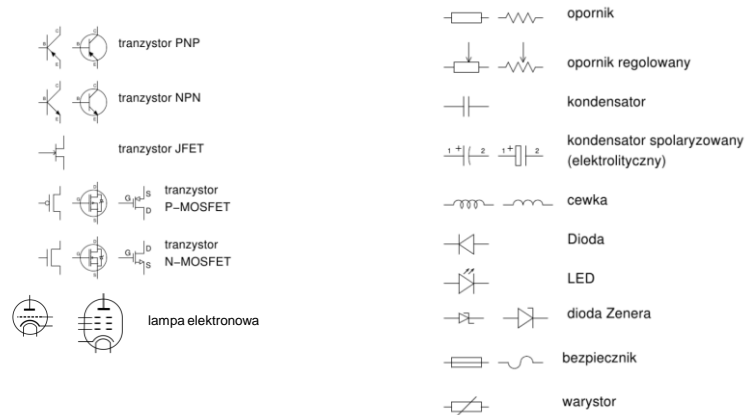
- elementy liniowe lub nieliniowe;
- elementy inercyjne lub bezinercyjne;
- elementy stratne lub bezstratne;



- elementy czynne (aktywne) lub bierne (pasywne).

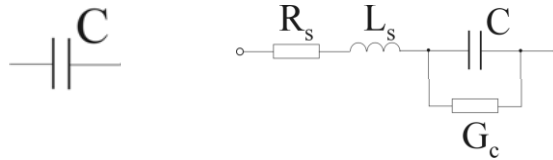
Elementy obwodu elektrycznego

- elementy liniowe lub nieliniowe;
- elementy inercyjne lub bezinercyjne;
- elementy stratne lub bezstratne;
- elementy czynne (aktywne) lub bierne (pasywne).



Obwód elektryczny

- **element idealny**: element abstrakcyjny o uproszczonych charakterystykach, które odzwierciedlają podstawowe cechy danego typu elementów.
- Właściwości rzeczywistych elementów zwykle różnią się od właściwości elementów idealnych.



POMIARY WIELKOŚCI ELEKTRYCZNYCH I NIEELEKTRYCZNYCH

podstawy

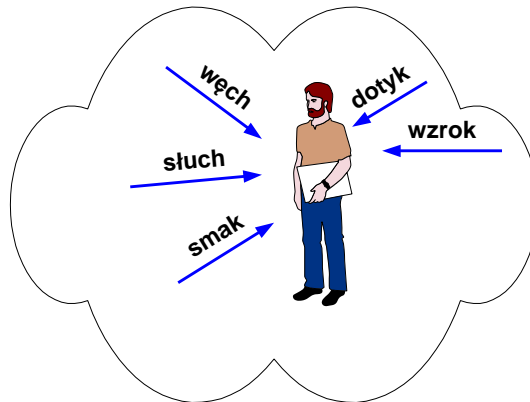
Pomiary wielkości elektrycznych i nieelektrycznych

- **Metrologia**
(od słów greckich *metron* – mierzyć i *logos* – nauka)
Metrologia jest dziedziną naukową zajmującą się teorią pomiarów w różnych dyscyplinach w tym sposobami dokonywania pomiarów oraz zasadami interpretacji uzyskanych wyników
- **Miernictwo**
miernictwo jest dziedziną zajmującą się techniką pomiarową w działaniach inżynierskich czyli stosowaniem metod postępowania i wzorców będących przedmiotem opracowań z zakresu metrologii
- **Technika pomiarowa**
to zbiór metod pozwalających dostarczyć odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób należy zmierzyć lub zbadać pewne zjawisko

Aspekt historyczny

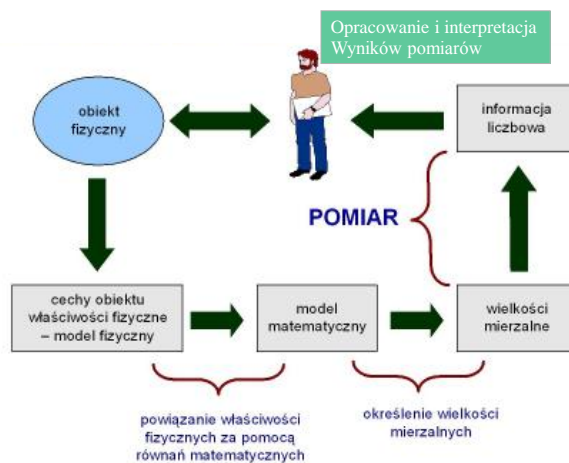
- Metrologia ma długą, nieźle udokumentowaną historię, sięgającą 10 tys. lat, choć wiadomo, że człowiek zaczął mierzyć już w czasach prehistorycznych
- Historycznie najstarsze były pomiary długości i odległości, objętości ciał płynnych i sypkich, masy oraz czasu.
- początkowo dokonywano pomiarów porównując wymiary elementami ciała człowieka, stąd takie miary jak cal, piędź, stopa, łokieć. Jednostki miały charakter subiektywny, nośnikiem ich wzorców był bowiem mierzący
- Inne jednostki „naturalne” - krok, bruzda (długość bruzdy, po zaoraniu której należy pozwolić wołom odpocząć: 100 stóp w Grecji 120 w Rzymie), staje (grecki stadion - dystans, który można przebiec z maksymalną prędkością), garniec i korzec (od naczyń), morgan (obszar, który można zaorać w ciągu dnia parą wołów)

Pomiary wielkości elektrycznych i nieelektrycznych

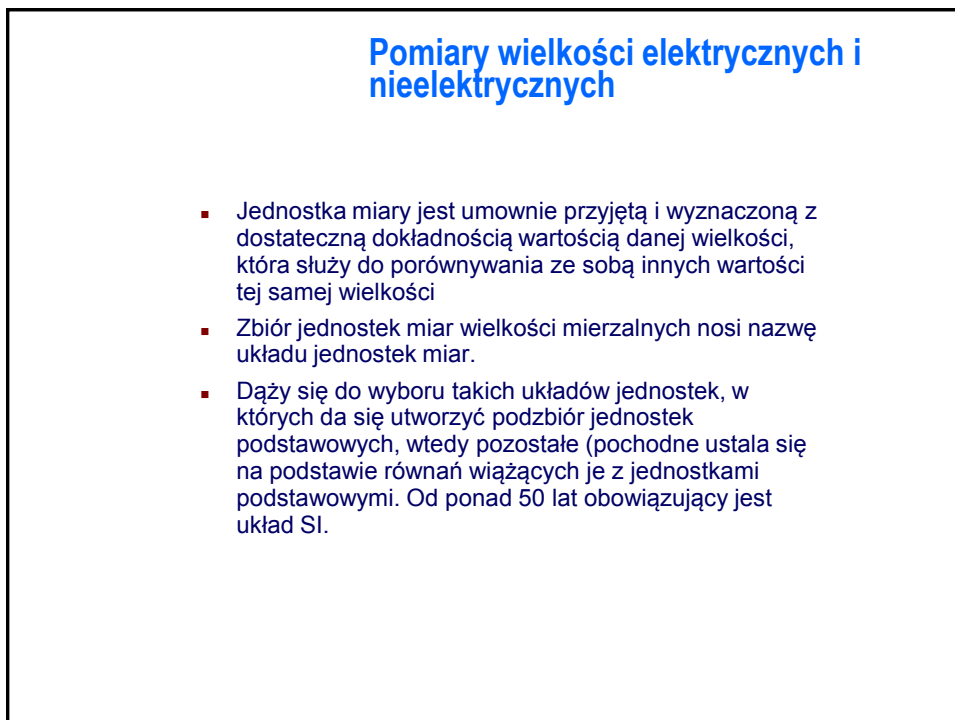
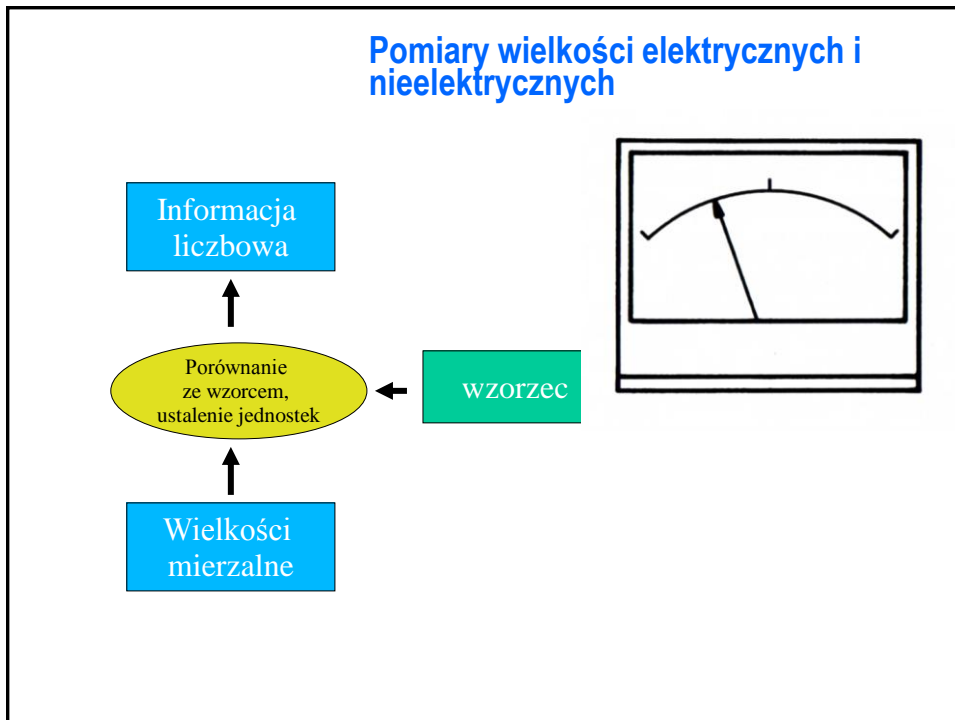


- W technice pomiarowej operuje się uniwersalnym określeniem **obiekt**
- Celem pomiaru jest poznanie cech obiektu

Pomiary wielkości elektrycznych i nieelektrycznych



ilustracja procesu poznawania obiektu



Pomiary wielkości elektrycznych i nieelektrycznych

- ◆ Przyrząd pomiarowy – łańcuch przetworników. Pierwszy przetwornik tego łańcucha, nazywany **czujnikiem**, przetwarza wielkość mierzoną na sygnał elektryczny, który następnie jest przetwarzany, tak by na wyjściu ostatniego przetwornika treść informacyjna sygnału stała się ilościowo dostępna dla zmysłów człowieka.
- ◆ W miernikach wskazówkowych sygnałem wyjściowym jest przemieszczanie się wskazówki na tle podziałki przyrządu, co można ocenić w sposób ilościowy. Ten typ przyrządów nazywany jest analogowym. Kwantyzacja sygnału pomiarowego wykonywana jest przez człowieka.

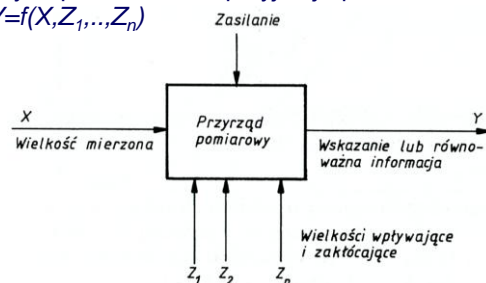
Podstawowe parametry przyrządu pomiarowego

- ◆ Przyrząd pomiarowy – rodzaj przetwornika przekształcającego wielkość mierzoną X na wielkość wyjściową Y . Idealna charakterystykę przetwarzania ma postać

$$Y=f(X)$$

- ◆ Przyrząd pomiarowy pracuje w określonych warunkach zewnętrznych. Wielkości fizyczne charakteryzujące te warunki noszą nazwę *wielkości wpływających*. Rzeczywista charakterystyka przetwarzania przyjmuje postać

$$Y=f(X,Z_1,\dots,Z_n)$$



Podstawowe parametry przyrządu pomiarowego

- ◆ Charakterystyka przetwarzania.
 $Y=f(X,Z_1,\dots,Z_n)$
- ◆ nazwa przyrządu
- ◆ Zakres pomiarowy ($X_{min} - X_{max}$)
- ◆ Zakres częstotliwości ($f_{min} - f_{max}$)
- ◆ Czułość przyrządu
- ◆ Zdolność rozdzielcza
- ◆ Czas pomiaru
- ◆ Impedancja wejściowa
- ◆ Dokładność

Podstawowe parametry przyrządu pomiarowego

- ◆ **nazwa przyrządu**
określa:
 - Rodzaj mierzonej wielkości
 - Zasadę pomiaru
- ◆ **Zakres pomiarowy** ($X_{min} - X_{max}$)
jest określony przez graniczne wartości wielkości wejściowej, które mogą być wyznaczone z założoną dokładnością. Może pokrywać się z **zakresem wskazań**. Zwykle $X_{min} = 0$.
- ◆ **Zakres częstotliwości** ($f_{min} - f_{max}$)
przedział częstotliwości, dla których błędy wskazań nie przekraczają wartości granicznych

Podstawowe parametry przyrządu pomiarowego

◆ Czulość przyrządu (*sensitivity, S*)

$$S = \frac{dY}{dX}$$

lub

$$S = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

np. woltomierz ma charakterystykę (liniową) $\alpha=f(U)$ (α - wskazanie przyrządu w działkach) ma 75 działek na zakres pomiarowy 10V.
 $S_U = 7,5 \text{ dz/V}$

Podstawowe parametry przyrządu pomiarowego

◆ Zdolność rozdzielcza *R*

minimalna wartość lub minimalna różnica wartości mierzonej wywołująca rozróżnialną zmianę wskazań.

Przyjmuje się, że rozróżnialna zmiana wskazań dla przyrządów analogowych = 0,2 działki, dla przyrządów cyfrowych = zmianę jednostkową na najmniej znaczącej cyfrze pola odczytowego.

Przykład
 miliamperomierz $I_z = 1 \text{ mA}$, 100 działek

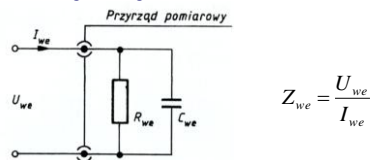
$$R = 0,002 \text{ mA}$$

Podstawowe parametry przyrządu pomiarowego

◆ Czas pomiaru

określa zdolność przyrządu do dokonywania pomiarów wielkości zmieniających się w funkcji czasu. Czas pomiędzy zmianą wartości mierzonej a wykazaniem tej zmiany na wskaźniku

◆ Impedancja wejściowa



Podstawowe parametry przyrządu pomiarowego

◆ Dokładność

Określa stopień zbliżenia wskazania do prawdziwej wartości wielkości mierzonej. Określana jest w procentach ($t\%$), oznacza, że jeżeli przyrząd wskazuje wartość pomiarowa X_m , to wartość mierzonej wielkości zawiera się w przedziale

$$\langle X_m(1-t), X_m(1+t) \rangle$$

Np. jeżeli mamy przyrząd o $t = 1\%$ to wynik pomiaru jest między $0,99X_m$ a $1,01X_m$

- ◆ **Klasa dokładności** – parametr produkcyjny określonego typu miernika, oznaczony zgodnie z PN.