

## **W2. Klasyfikacja i właściwości aparatury pomiarowej**

M. DOROZHOVETS

### **Plan wykładu**

- 1. Aparatura pomiarowa i narzędzi pomiarowe**
- 2. Klasyfikacja przyrządów pomiarowych (mierników).**
- 3. Mierniki analogowe i cyfrowe**
- 4. Wymagania do aparatury pomiarowej**
- 5. Klasyfikacja przyrządów pomiarowych według ich funkcji i właściwości.**

M. DOROZHOVETS

## 1. Aparatura pomiarowa. Narzędzi pomiarowe

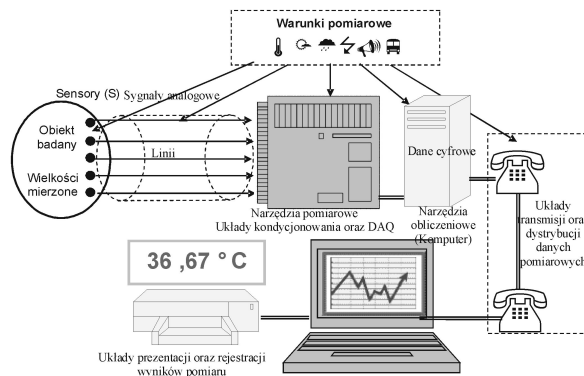
Każdy pomiar wykonuje się za pomocą specjalistycznych środków technicznych – narzędzi pomiarowych, które różnią się od innych (nawet podobnych) narzędzi tym, że mają szczegółowo ustalone i przypisane parametry - tak zwane charakterystyki metrologiczne.

Charakterystyki metrologiczne narzędzi pomiarowych zapewniają możliwość otrzymania nie tylko wyniku pomiaru w prawomocnych jednostkach, ale także oszacowanie pewnej miary dokładności (niedokładności) tego wyniku.

M. DOROZHOVETS

## 1. Aparatura i narzędzi pomiarowe

Najważniejsze składowe procesy pomiarowe



M. DOROZHOVETS

## 1. Aparatura i narzędzi pomiarowe

Najważniejszymi składowymi procesu pomiarowego są:

- **obiekt badany z wielkością (wielkościami) mierzoną;**
- **czujniki lub przetworniki pierwotne**, które realizują odbiór sygnału pomiarowego o wielkości mierzonej na obiekcie;
- **linie wraz z układami kondycjonowania sygnałów pomiarowych oraz układami akwizycji danych pomiarowych** (narzędzi pomiarowe), które realizują otrzymanie danych pomiarowych o wielkościach pomiarowych;
- **narzędzia obliczeniowe**, zapewniający realizację odpowiedniego algorytmu opracowania danych pomiarowych;
- **układy transmisji, dystrybucji oraz rejestracji i prezentacji wyników pomiaru;**

M. DOROZHOVETS

## 1. Aparatura i narzędzi pomiarowe

Do wykonania pomiaru wykorzystuje się **aparatura pomiarowa**, obejmuje ona wszystkie narzędzia pomiarowe, które odpowiadają określonym wymaganiom metrologicznym (np. zakresom, parametrom dokładności, szybkości itp.) oraz inne urządzenia pomocnicze niezbędne do realizacji pomiaru według wybranej metody.

M. DOROZHOVETS

## 1. Aparatura i narzędzi pomiarowe

Aparatura pomiarowa może być podzielona na 2 kategorii:

1) **które samodzielnie realizują pełną procedurę pomiarową aż do uzyskania wartości liczbowej wyniku, głównie są to:**

- przyrządy pomiarowe - mierniki analogowe i cyfrowe,
- układy pomiarowe,
- systemy pomiarowe.

M. DOROZHOVETS

## 1. Aparatura i narzędzi pomiarowe

Aparatura pomiarowa może być podzielona na 2 kategorii:

2) **Narzędzi, które samodzielnie nie zapewniają pełnej procedury pomiarowej, a tylko realizują pewną składową część tej procedury i są wykorzystywane wraz z przyrządami, systemami oraz stanowiskami pomiarowymi.** Głównie są to:

- **wzorce miar** służące do odtworzenia wartości jednostki,
- **czujniki (sensory) oraz inne przetworniki** wielkości mierzonych,
- **komparatory** – układy do porównania wielkości,
- **układy obliczeniowe**, służące do wykonywania pewnych operacji matematycznych i logicznych, potrzebnych do wyznaczenia wartości liczbowej wyniku pomiaru.

M. DOROZHOVETS

## 1. Aparatura pomiarowa, Narzędzi pomiarowe

Najważniejszymi narzędziami pomiarowymi są:

1)

przyrządy pomiarowe;  
układy (stanowiska) pomiarowe,  
systemy pomiarowe,

2)

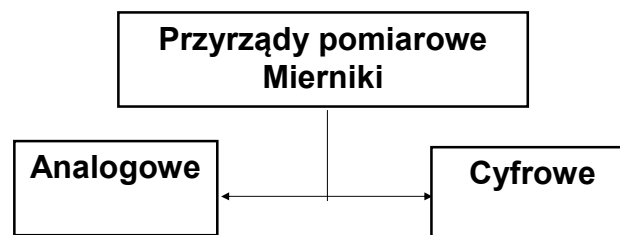
wzorce,  
komparatory,  
czujniki (sensory), przetworniki pomiarowe,  
moduły (karty) pomiarowe,  
układy obliczeniowe,  
inne.

M. DOROZHOVETS

## 2. Klasyfikacja przyrządów pomiarowych

W zależności od sposobu reprezentacji wyniku pomiaru mierniki umownie można rozdzielić na analogowe i cyfrowe.

Są to najczęściej wykorzystywane narzędzi do pomiarów.



M. DOROZHOVETS

## 2. Porównanie analogowych i cyfrowych mierników

Cecha	Analogowy	Cyfrowy
Dokładność	$\pm (0,05 \div 2,5)\%$	$U_{bc} : \pm (10^{-4} \div 10^{-8})$
Czas pomiaru	sekundy	poniżej $\mu s$ , ns
Odczyt	częściowo subiektywny zależy od kąta patrzenia	obiektywny
Możliwość zastosowania w systemach automatyki	w szczególnych przypadkach	tak
Zakres częstotliwości pracy	Kilku GHz	Kilku set MHz
Szybki przybliżony odczyt	tak	nie
Szybka ocena kierunku zmian wielkości mierzonej	tak	nie

Kombinowany cyfrowy i analogowy odczyt wartości mierzonej.



M. DOROZHOVETS

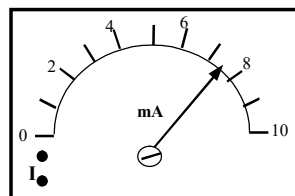
## 3. Mierniki analogowe i cyfrowe

Z punktu widzenia użytkownika (eksperymentatora) mierniki różnią się pomiędzy sobą uzyskaniem wyniku pomiaru.

W **analogowych** miernikach **wartość wielkości mierzonej** zwykle jest **przetwarzana w kątowe lub liniowe przesunięcie wskazówki, plamki świetlnej, powierzchnia cieczy** lub inne.

To przemieszczenie jest analogiem mechanicznym wartości wielkości mierzonej.

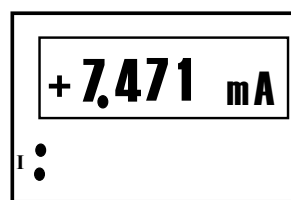
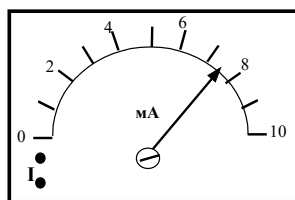
Liczbowa wartość wielkości mierzonej uzyskuje się **bezpośrednio za uczestnictwa eksperymentatora**, który wykonuje odczyt na podziałce przyrządu.



M. DOROZHOVETS

### 3. Mierniki analogowe i cyfrowe

W miernikach **cyfrowych** wartość wielkości mierzonej uzyskuje się automatycznie, bezpośrednio w postaci wartości liczbowej z odpowiednią jednostką. Eksperymentator bezpośrednio nie uczestniczy w formowaniu wyniku.



M. DOROZHOVETS

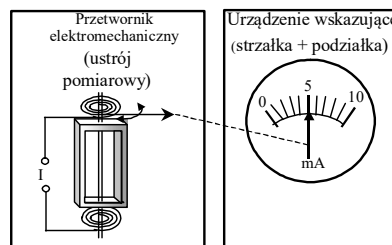
### 3.1. Mierniki analogowe

Istnieją **dwaj** rodzaje **analogowych** mierników: **elektromechaniczne** oraz **elektroniczne**.

**Elektromechaniczny analogowy** miernik zawiera dwie podstawowe części składowe:

**przetwornik elektromechaniczny pomiarowy** oraz **urządzenie wskazujące**.

W **przetworniku (ustroju) miernika** odbywa się przetwarzanie wielkości elektrycznej (prądu lub napięcia) w przesunięcie mechaniczne (kątowe lub liniowe) części ruchomej mechanizmu.

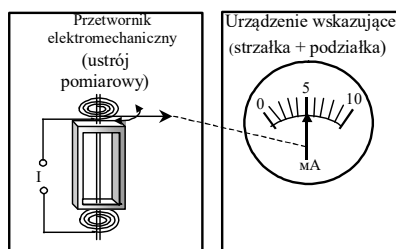


M. DOROZHOVETS

### 3.1. Mierniki analogowe

**Urządzenie wskazujące** zawiera **podziałkę** (ze zbiorem kresek wraz z towarzyszącym ocyfrowaniem) wraz ze **wskazówką** (mechaniczną – strzałka, świetlna – plamka lub słupek, ciecz – wysokość słupka itp.).

Z celem pomiaru innych wielkości (np. rezystancja, moc, itp.), oraz dla zmiany zakresów pomiarowych mechanizm pomiarowy włącza się w odpowiedni sposób w **schemat układu pomiarowego przyrządu**.



M. DOROZHOVETS

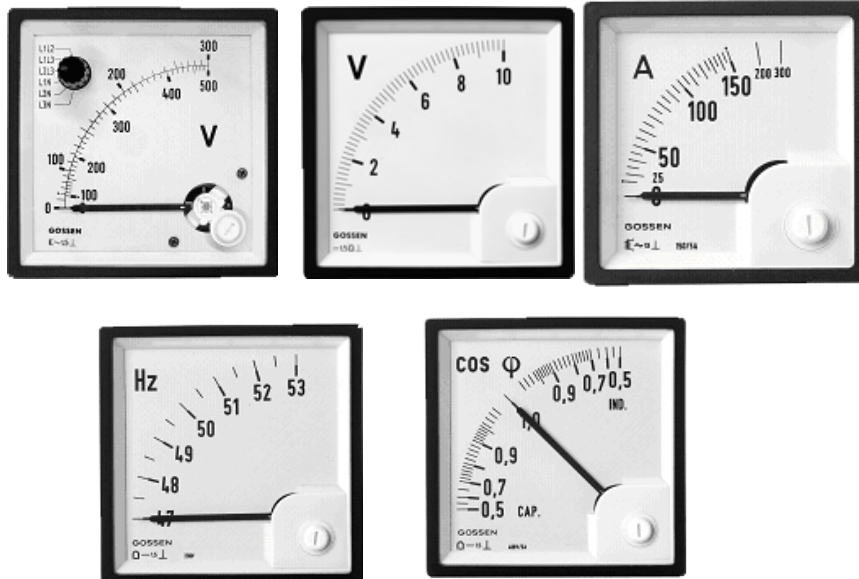
### 3.1. Mierniki analogowe (multimetry)



M. DOROZHOVETS



### 3.1. Mierniki analogowe (tablicowe)



M. DOROZHOVETS

### 3.1. Watomierz analogowy elektrodynamiczny



M. DOROZHOVETS

### 3.1 Typowe parametry elektromechanicznych mierników

Typowe elektromechaniczne mierniki charakteryzują się następującymi parametrami:

**Pełne odchylenie wskazówki powodują prądy od 10mA do 100mA i napięcia od 1mV do 600V (1000V).**

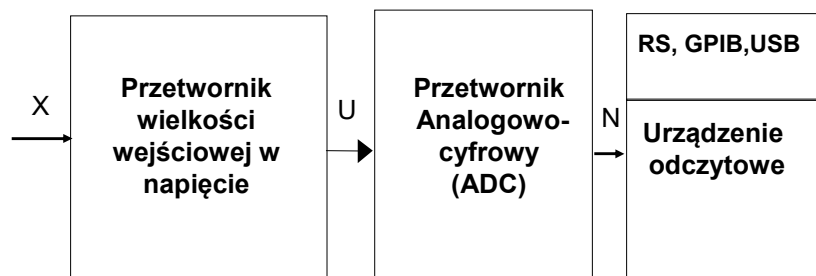
Na **prądzie zmiennym czułość jeszcze gorsza**. Dalszy **wzrost czułości można osiągnąć tylko stosując wzmacniacze (elektroniczne analogowe mierniki)**.

Podobnie **zmniejszenie rezystancji wejściowej amperomierze** oraz **zwiększenie rezystancji wejściowej woltomierze** można uzyskać stosując wzmacniacze **(elektroniczne analogowe mierniki)**.

W miernikach **elektromechanicznych** (oprócz woltomierze elektrostatycznych) **ograniczone jest także pasmo częstotliwości sygnału mierzonego do kilku set Hz - kilku kHz**.

M. DOROZHOVETS

### 3.2. Mierniki cyfrowe. Schemat strukturalny elektronicznego cyfrowego miernika



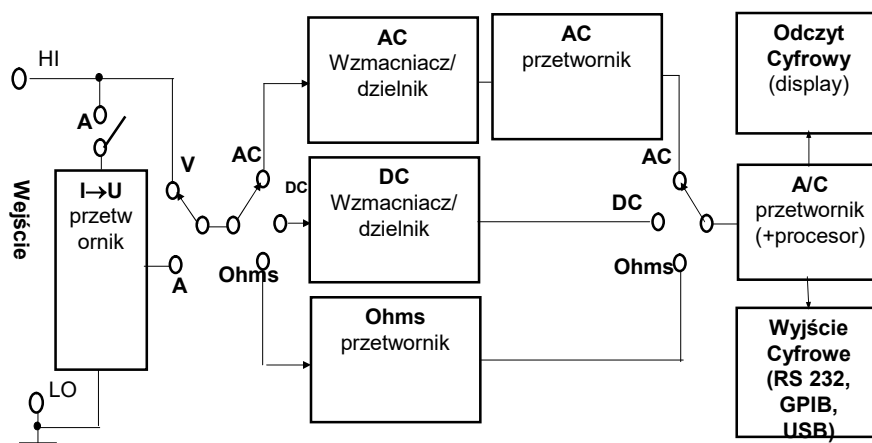
M. DOROZHOVETS

### 3.2. Mierniki cyfrowe



M. DOROZHOVETS

### 3.2. Przykładowy schemat strukturalny multimetru elektronicznego cyfrowego (DMM - ang. Digital Multi-Meter)



M. DOROZHOVETS

## Multimetr Metex MXD 4660A



M. DOROZHOVETS

## Multimetr HP-34401A



M. DOROZHOVETS

## 4. Klasyfikacja przyrządów pomiarowych według ich funkcji i właściwości

W zależności od zakresów i warunków pomiaru (właściwości obiektu – rezystancja, pasmo częstotliwości) rozróżnia się:

- **multimetry;**
- **elektrometry,**
- **nanowoltomierzy,**
- **pikoamperomierzy,**
- **mikro-omomierzy,**
- **przyrządy źródła – mierniki,**
- **oscyloskopy**
- **oraz inne.**

M.DOROZHOVETS

## 4. Klasyfikacja przyrządów pomiarowych według ich funkcji i właściwości

### Multimetry

są to przyrządy dla pomiarów:

- napięć powyżej 1 mV ;
- prądów powyżej 1 mA, oraz
- rezystancji poniżej 1 GΩ.

Rezystancja wejściowa woltomierza ( $R_v$ ) DMM stanowi od około (1-10-100) MΩ do maksymalnie (1-10) GΩ

Rozdzielczość DMM wynosi od  $3\frac{1}{2}$  cyfr dziesiętnych (bardzo tanie) aż do drogich  $6\frac{1}{2}$ - $7\frac{1}{2}$  cyfr dziesiętnych.

Maksymalna czułość DMM stanowi do (0,1-0,01) mV (do 10 nV).

M.DOROZHOVETS

## 4. Klasyfikacja przyrządów pomiarowych według ich funkcji i właściwości

### Elektrometry

Są to przyrządy pomiarowe dla pomiarów napięć, prądów, ładunku i rezystancji przy następujących warunkach:

- prądów poniżej  $1 \mu\text{A}$  do  $100 \text{ pA}$ , napięcie źródła przy pomiarach prądu jest poniżej kilku set  $\text{mV}$ ;
- napięcia poniżej  $1 \mu\text{V}$ , źródło napięcia ma rezystancją wyjściową rzędu  $1 \text{ M}\Omega$  i wyżej do  $10 \text{ T}\Omega$ ;
- rezystancji powyżej  $1 \text{ G}\Omega$ ;
- pomiar ładunku;
- pomiary przy porównywalnych wartościach szumów cieplnych oraz innych.

Rezystancja wejściowa woltomierza elektrometru stanowi typowo od około  $100 \text{ T}\Omega$  nawet do około  $100 \text{ P}\Omega$ .

M. DOROZHOVETS

## 6517B Electrometer/High Resistance Meter



M. DOROZHOVETS

## 4. Klasyfikacja przyrządów pomiarowych według ich funkcji i właściwości

### Nanowoltomierzy

Są to bardzo czułe, pracujący w **pobliżu teoretycznej granicy czułości** w porównaniu do elektrometrów.

**Nanowoltomierzy** zapewniają też inne właściwości, np. lepszą szybkość pomiaru, lepsze tłumienie szumów i zakłóceń.

M. DOROZHOVETS

## 4. Klasyfikacja przyrządów pomiarowych według ich funkcji i właściwości

### Pikoamperomierze

Są to bardzo czułe, pracujący w **pobliżu teoretycznej granicy czułości** oraz przy **mniejszych wartościach spadku napięcia** (tzw. voltage burden) w porównaniu do elektrometrów.

Pikoamperomierze zapewniają też inne właściwości, np. lepszą szybkość pomiaru lub możliwość logarytmicznej charakterystyki.

M. DOROZHOVETS

## 4. Klasyfikacja przyrządów pomiarowych według ich funkcji i właściwości

### Mikro-omomierzy

Mikro-omomierz jest to specjalny omomierz przeznaczony do pomiaru **bardzo niskich wartości rezystancji**.

Typowy mikro-omomierz ma czułość do około **10  $\mu\Omega$** .

Pomiar małych rezystancji odbywa się **przez 4-przewodowe podłączenie** obiektu badanego (w celu eliminacji wpływu rezystancji przewodów) oraz charakteryzują się dodatkowymi (w porównaniu do DMM) funkcjami.

Z pośród nich jest to możliwość kompensacji napięcia przesunięcia (offset), spowodowanego przykładowo termoelektryczną SEM, możliwość ograniczenia napięcia wzdłuż badanej rezystancji do **bardzo niskiego poziomu (typowo poniżej 20 mV)**, co jest bardzo ważne przy testowaniu takich elementów jak kontakty przełączników, kluczy oraz (rele) kontaktronów.

M. DOROZHOVETS

## 4. Klasyfikacja przyrządów pomiarowych według ich funkcji i właściwości

### Przyrządy źródła – mierniki

#### Source-Measure Unit - SMU

są to przyrządy, funkcjami których są:

- **pomiar napięcia;**
- **pomiar prądu;**
- **źródło napięcia;**
- **źródło prądu.**

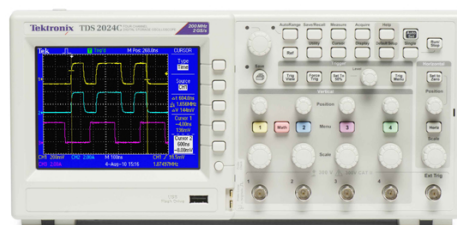
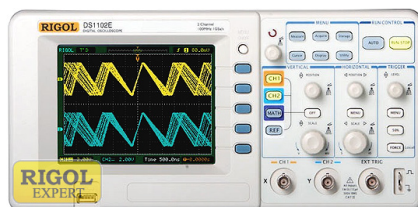
SMU pozwalają na jednoczesne dokładne (o zadanej wartości):

- **wymuszanie obiektu napięciowe i pomiar prądu odpowiedzi oraz**
- **wymuszanie obiektu prądowe i pomiar napięcia odpowiedzi.**

M. DOROZHOVETS



## Oscylloskopy cyfrowe



M. DOROZHOVETS

## Zastosowanie oscyloskopu cyfrowego

- Oscyloskop cyfrowy jest to przyrząd pomiarowy zapewniający:
  - - wizualizacji przebiegów czasowych sygnałów napięciowych, zwykle od 2-ch do 4-ch kanałach;
  - - rejestracji sygnałów,
  - - pomiarów parametrów sygnałów (amplitudowych i czasowo – częstotliwościowych) – funkcji multimetru oraz miernika ,
  - - wykonywanie opracowania zaobserwowanych próbek sygnału, (np. obliczanie FFT, analiza widma, filtracja, uśrednianie oraz inne operacje matematyczne, analiza stanów logicznych w układach cyfrowych).

M. DOROZHOVETS

## 5. Ogólne wymagania do aparatury pomiarowej

Podstawowymi wymaganiami są:

- **Możliwość pomiaru wartości wielkości w zadany zakresie** (tak małych jak i dużych wartości), jest to wymagania amplitudowe;
- **Możliwość pomiarów wielokanałowych** – kilka wielkości jednego lub różnego rodzaju
- **Brak obciążenia obiektu badanego** – odpowiednia wartość rezystancji wejściowej
- **Zadana dokładność pomiarów**, zapewnia się odpowiednią klasą dokładności woltomierza oraz innymi wartościami jego parametrów: stabilnością temperaturową oraz czasową, odpornością na inne wielkości wpływające

M. DOROZHOVETS

## 5. Ogólne wymagania do aparatury pomiarowej

- **Odporność na oddziaływania zakłóceń** tak regularnych jak i losowych wpływu zakłóceń to wymaganie jest ważne przy pomiarach wielkości niskiego poziomu, w warunkach przemysłowych
- **Szybkość pomiaru** – to wymaganie jest ważne przy pomiarach wielkości szybko zmiennych (dynamicznych),.
- **Możliwość współpracy z PC** – jest to ważne przy automatyzacji pomiarów
- **Możliwość opracowania wyników** wg zadanego algorytmu
- **Łatwość obsługi**
- **Niska cena oraz niski koszty pomiarów**

M. DOROZHOVETS