



**Katedra
Nanometrologii**

ĆWICZENIA:
PODSTAWY METROLOGII

**2. Podstawowe narzędzia
pomiarowe w elektronice.**

W12IEA-SI0003C

[wzn.pwr.edu.pl/materialy-dydaktyczne/
podstawy-metrologii](http://wzn.pwr.edu.pl/materialy-dydaktyczne/podstawy-metrologii)



1. Wstęp

Maksymalną dopuszczalną wartość błędu pomiaru miernikiem analogowym (niepewność miernika) określa producent podczas kalibracji, oznaczając tzw. **klasę dokładności miernika**. Jest ona podana na skali miernika razem z oznaczeniami typu przetwornika elektromechanicznego, wymaganego położenia przyrządu w czasie pomiaru, napięcia probierczego izolacji itp.

Klasa dokładności przyrządu jest to dopuszczalny błąd wyrażony w procentach końcowej wartości zakresu pomiarowego. Stąd przy pomiarze np. napięcia można zapisać:

$$kl \rightarrow \delta U_x = (\Delta / X_{\max}) \cdot 100\%$$

i odwrotnie:

$$\% \Delta = (kl \cdot X_{\max}) / 100\%$$

gdzie :

Δ_{\max} – maksymalny dopuszczalny błąd bezwzględny pomiaru (niepewność pomiaru)

X_{\max} – **zakres pomiarowy** (maksymalna możliwa do zmierzenia wartość)

Wartości liczbowe klas zgodnie z PN są dziesiętymi wielokrotnościami i podwielokrotnościami liczb 1; 3; 5. Dobór odpowiedniego zakresu do wartości mierzonej wpływa istotnie na dokładność przeprowadzonego pomiaru.

Przykład. Woltomierz magnetoelektryczny klasy 0,1 jest użyty do pomiaru napięcia o spodziewanej wartości 1,8 V. Na jakim zakresie dokonać pomiaru: 2 V czy 10 V?

Na zakresie 2 V niepewność pomiaru wynosi $0,1\% \cdot 2 = 0,002$ V,

na zakresie 10 V niepewność pomiaru wynosi $0,1\% \cdot 10 = 0,01$ V.

Pomiar będzie dokładniejszy na zakresie 2 V.

Dokonując pomiaru ustawiamy najmniejszy zakres, w jakim mieści się spodziewana wartość mierzonej wielkości.

Niepewność pomiaru przyrządem cyfrowym zawiera dwa składniki. Z częścią analogową toru pomiarowego wiąże się składowa niepewności a wynikająca z tolerancji wartości elementów, nieliniowości wzmocnienia i niepewności wzorca napięcia. Drugi składnik niepewności wynika z rozdzielczości przetwarzania sygnału analogowego na cyfrowy (błąd kwantowania i zliczania) – składnik c . Niepewność pomiaru jest zatem sumą liczoną ze wzoru:

$$\Delta = \pm (aX + cX_{\min})$$



gdzie :

X - wartość odczytana

Δ - niepewność pomiaru (bezwzględna),

X_{min} - rozdzielczość przetwarzania A/C,

2 V	(wyświetlacz: 1,999)	ΔU_{min} wyniesie $\pm 0,001$ V
20 V	(wyświetlacz: 19,99)	ΔU_{min} wyniesie $\pm 0,01$ V
200 V	(wyświetlacz: 199,9)	ΔU_{min} wyniesie $\pm 0,1$ V

Niepewność względna pomiaru, zgodnie z definicją liczymy ze wzoru:

$$\delta = \frac{\Delta}{X} = \frac{aX + cX_{min}}{X}$$

Niepewność względną wyrażamy w procentach. Często jest także podawana w jednostce **ppm** (ang. *parts per milion*):

$$1 \text{ ppm} = 0,000\ 001 = 0,0001\%$$

Przykład: *Dokonano pomiaru napięcia stałego woltomierzem o rozdzielczości 3½ cyfry. Producent podaje, iż błąd graniczny tego przyrządu to 0,8% + 3 cyfry. Miernik wskazał nam na zakresie 2 V wartość 1,800 a na zakresie 20 V wartość 1,80. Niepewność pomiaru tych dwóch napięć to:*

- dla zakresu 2 V:

$$\Delta U_x = \pm (0,008 \cdot U_x + 3 \cdot c) = \pm (0,0144 + 3 \cdot 0,001) = 0,0174 \text{ V},$$

a więc zgodnie z zasadami zapisywania wyników pomiarów.

$$U_x = (1,800 \pm 0,017) \text{ V}$$

- dla zakresu 20 V:



$$\Delta U_x = \pm (0,008 \cdot U_x + 3 \cdot c) = \pm (0,0144 + 3 \cdot 0,01) = 0,0444 \text{ V},$$

a więc zgodnie z zasadami zapisywania wyników pomiarów.

$$U_x = (1,800 \pm 0,044) \text{ V}$$

Również w przypadku mierników cyfrowych obowiązuje zasada, że pomiaru dokonujemy na najniższym zakresie, w którym mieści się mierzona wartość.

Rozdzielczość:

– najmniejsza możliwa do wyświetlenia wartość na danym zakresie,
lub

– najmniejsza zmiana wartości wielkości mierzonej, powodująca zmianę wskazania przyrządu.

Składowa c podawana jest przeważnie jako całkowita wielokrotność rozdzielczości i zapisywana w formie np. „3 cyfry”.

Jeżeli producent nie podaje w instrukcji miernika składowej c , to przyjmuje się, że jest on równy rozdzielczości wskaźnika (wyświetlacza) dla ustawionego zakresu pomiarowego.

Czułość narzędzia pomiarowego:

stosunek zmiany wielkości wyjściowej (Y) do wywołującej ją zmiany wielkości wejściowej (X):

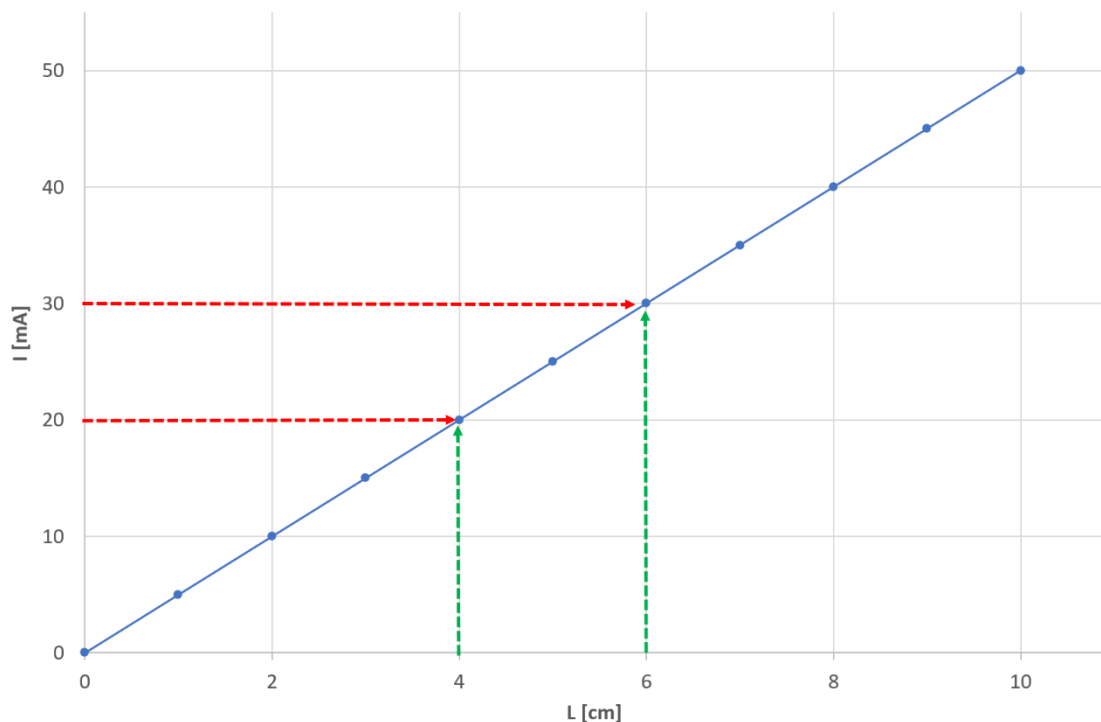
$$S = \frac{dY}{dX}$$

Dla liniowej charakterystyki przetwarzania, przechodzącej przez początek układu współrzędnych, ma postać:

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

Stała przyrządu to odwrotność czułości:

$$C = \frac{1}{S}$$



Powyższa charakterystyka przedstawia zależność sygnału wyjściowego przetwornika (prąd) od sygnału wejściowego (długość) w przyrządzie pomiarowym. W przypadku liniowej funkcji przetwarzania czułość jest niezmienna w całym zakresie przetwarzania. Dla powyższego wykresu wynosi ona:

$$S = \frac{10 \text{ mA}}{2 \text{ cm}} = \frac{5 \text{ mA}}{1 \text{ cm}} = \frac{0,5 \text{ A}}{1 \text{ m}}$$

Jeśli rozdzielczość elektronicznej części urządzenia pomiarowego wynosi 0,1 mA, to rozdzielczość pomiarowa całego przyrządu wynosi 0,2 mm.

2. Przykładowe zadania

Zadanie 1.

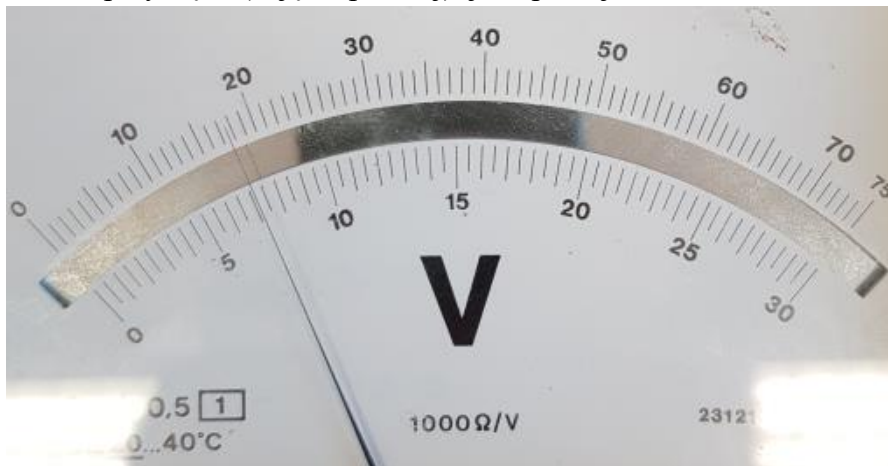
Wyznaczyć czułość przetwornika, jeśli zmiana obciążenia belki tensometrycznej z 20 kg na 30 kg powoduje zmianę rezystancji 40 kΩ na 60 kΩ? Z jaką rozdzielczością można mierzyć masę, jeśli rozdzielczość pomiaru rezystancji wynosi 100 Ω?

Zadanie 2.

Przyrząd pomiarowy składa się z przetwornika odległość/napięcie oraz układu elektronicznego dokonującego pomiar. Stała przetwornika wynosi 1 V/1 m. W jakim zakresie pomiarowym może pracować przyrząd, jeśli układ elektroniczny dokonujący konwersji pozwala na pomiar w zakresie od 0 do 10 V? Jaka powinna być stała przetwornika, aby zakres pomiarowy przyrządu wyniósł 100 m? Jak zmieni się rozdzielczość przyrządu, jeśli rozdzielczość układu elektronicznego wynosi 1 mV?

Zadanie 3.

Jaka jest rozdzielczość przyrządu (zdjęcie poniżej), jeśli pracuje na zakresie 3V?

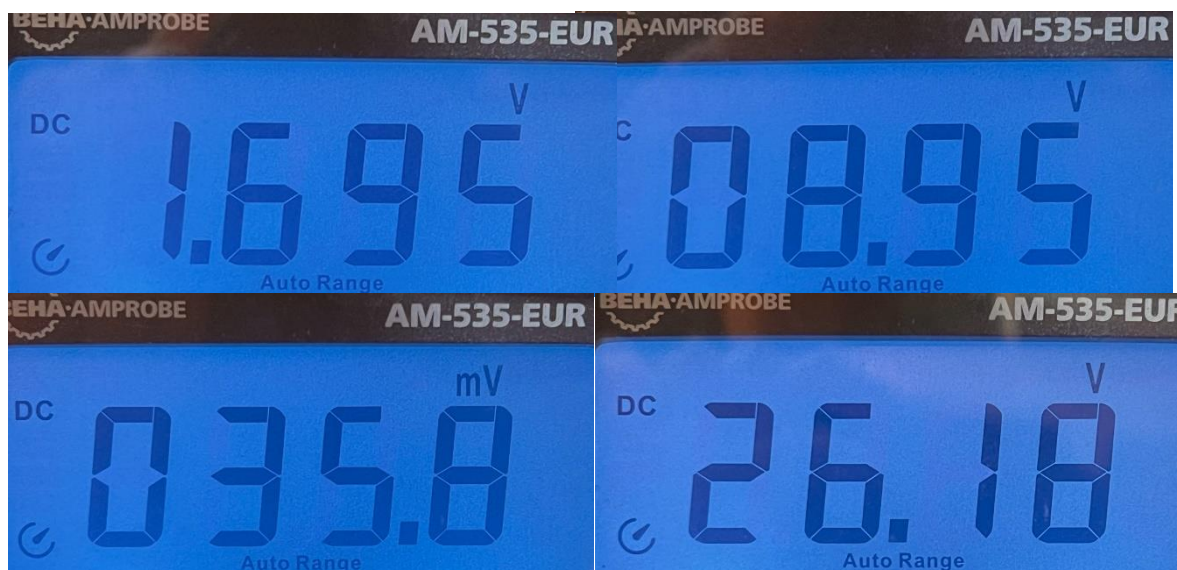


Zadanie 4.

Multimetrem AM-535-EUR zmierzono wartość napięcia stałego. Wyniki pomiarów znajdują się poniżej. Wyznacz błąd bezwzględny i względny miernika dla każdego pomiaru. Zapisz wynik pomiaru zgodnie z zasadami.

1. DC Voltage Measurement

Range	Resolution	Accuracy
400.0mV	0.1mV	$\pm (0.8\%+3\text{LSD})$
4.000V	1mV	$\pm (0.8\%+1\text{LSD})$
40.00V	10mV	
400.0V	100mV	$\pm(1.0\%+3\text{LSD})$
600V	1V	



Zadanie 5.

Multimetrem 34460A zmierzono wartość napięcia i natężenia prądu stałego. Wyniki pomiarów znajdują się poniżej. Wyznacz błąd bezwzględny i względny miernika dla każdego pomiaru. Zapisz wynik pomiaru zgodnie z zasadami.

34460A accuracy specifications: \pm (% of reading + % of range)

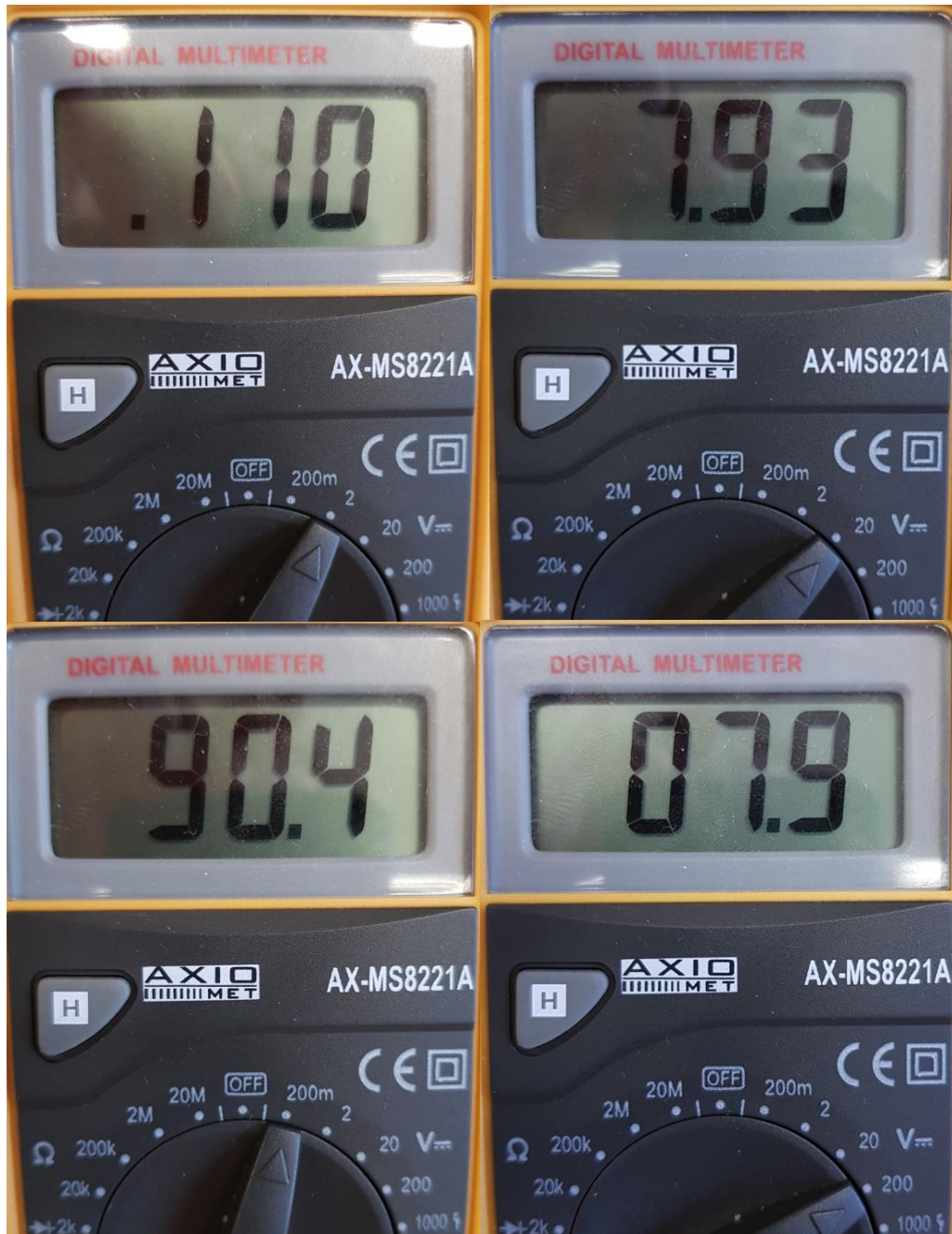
DC voltage		DC current	
100 mV	0.0040 + 0.0060	100 μ A	0.010 + 0.0200
1 V	0.0030 + 0.0009	1 mA	0.007 + 0.0060
10 V	0.0025 + 0.0004	10 mA	0.007 + 0.0200
100 V	0.0030 + 0.0006	100 mA	0.010 + 0.0040
1000 V	0.0030 + 0.0006	1 A	0.050 + 0.0060


Zadanie 6.

Multimetrem cyfrowym AX-MS8221A zmierzono wartość napięcia prądu stałego. Wyniki pomiarów znajdują się poniżej. Wyznacz błąd bezwzględny i względny miernika dla każdego pomiaru. Zapisz wynik pomiaru zgodnie z zasadami.

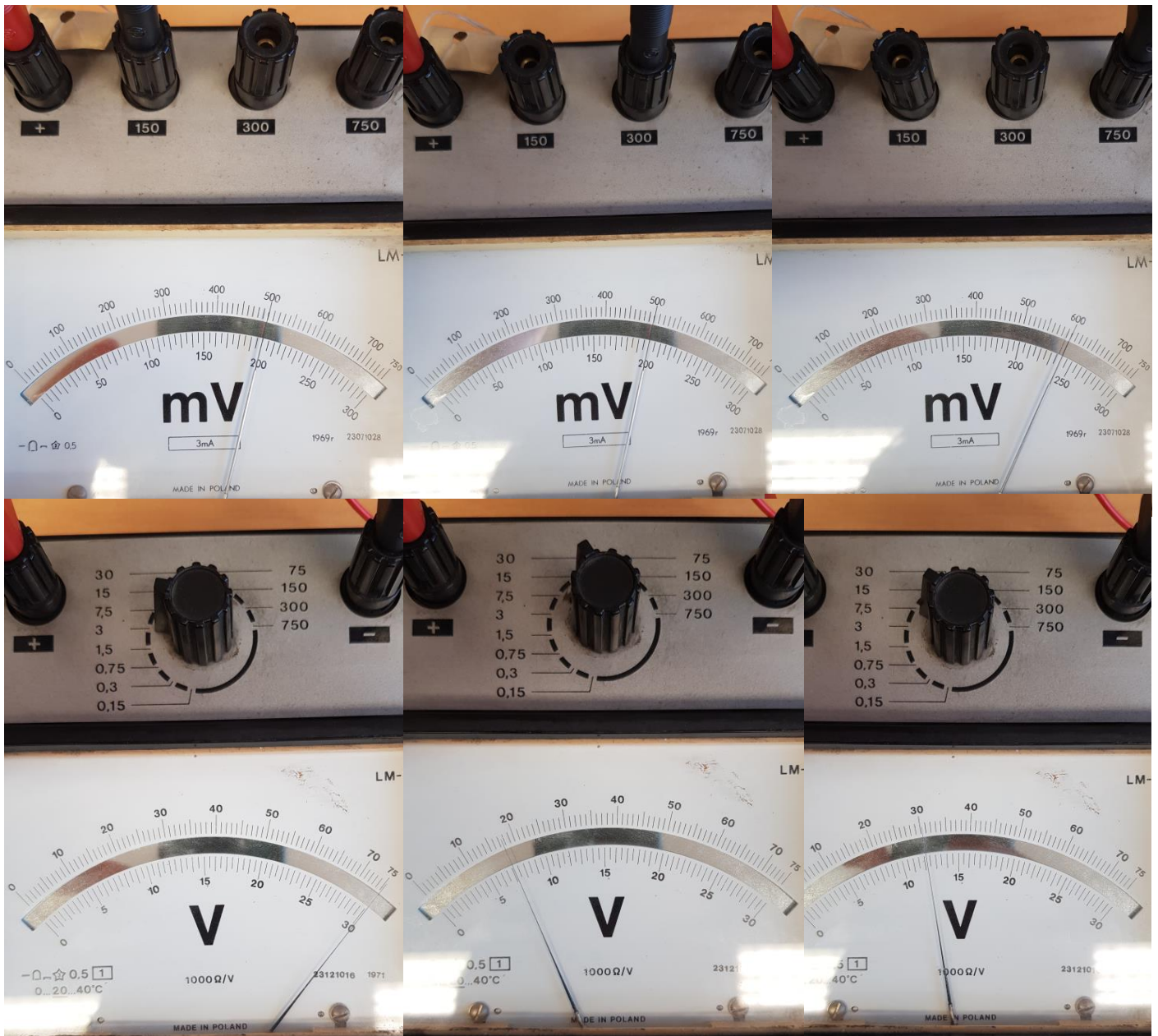
3.2.1. Napięcie DC

Zakres	Rozdzielczość	Dokładność
		MS8221A/8221D
0.2V	0.1mV	$\pm(0.5\% \text{ odczytu} + 1 \text{ cyfra})$
2V	1mV	
20V	0.01V	
200V	0.1V	
1000V	1V	$\pm(0.8\% \text{ odczytu} + 2 \text{ cyfry})$



Zadanie 7.

Multimetrem analogowym zmierzono wartość napięcia prądu stałego. Wyniki pomiarów znajdują się poniżej. Wyznacz błąd bezwzględny i względny miernika dla każdego pomiaru. Zapisz wynik pomiaru zgodnie z zasadami.

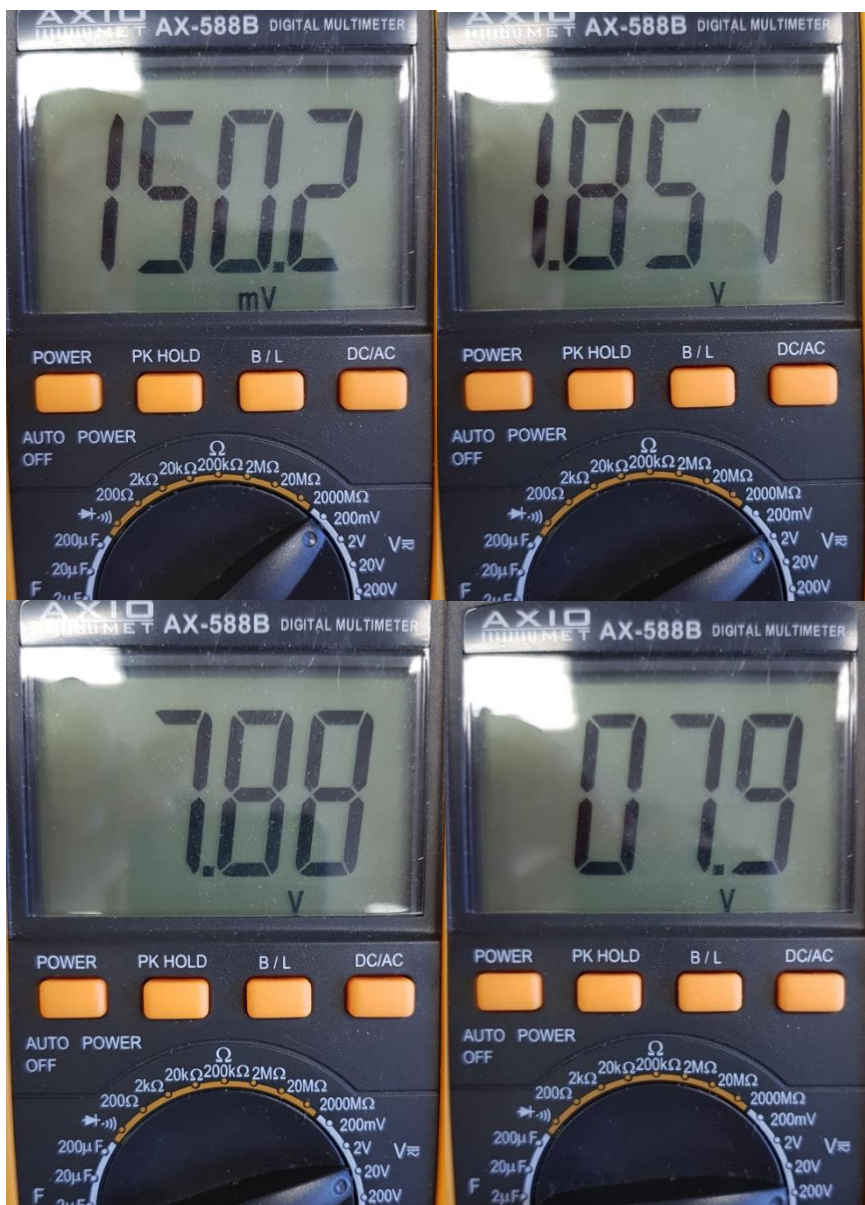


Zadanie 8.

Multimetrem cyfrowym AX-588B zmierzono wartość napięcia prądu stałego. Wyniki pomiarów znajdują się poniżej. Wyznacz błąd bezwzględny i względny miernika dla każdego pomiaru. Zapisz wynik pomiaru zgodnie z zasadami.

2-3-1. Napięcie stałe VDC

Zakres	Dokładność	Rozdzielczość
200 mV	$\pm (0,5 \% + 3)$	100 μ V
2 V		1 mV
20 V		10 mV
200 V		100 mV
1000 V	$\pm (1,0 \% + 5)$	1 V



Zadanie 9.

Multimetrem analogowym zmierzono wartość napięcia prądu stałego. Wyniki pomiarów znajdują się poniżej. Wyznacz błąd bezwzględny i względny miernika dla każdego pomiaru. Zapisz wynik pomiaru zgodnie z zasadami.

DC Voltage	Range	10/50/250/500V
	Accuracy	$\pm(5\%$ of full scale)
	Sensitivity	$2k\Omega/V$



Zadanie 10.

Multimetrem analogowym zmierzono wartość rezystancji. Wyniki pomiarów znajdują się poniżej. Wyznacz błąd bezwzględny i względny miernika dla każdego pomiaru. Zapisz wynik pomiaru zgodnie z zasadami.

Resistance	Range	Rx10,x1k(measurement up to 1MΩ)
	Accuracy	±(5% of full arc)

