

Wykonanie prawidłowych pomiarów z użyciem miernika wielozakresowego wymaga zwrócenia szczególnej uwagi na:

1. Przed włączeniem układu zakres pomiarowy miernika ustawiamy na wartość maksymalną – to chroni miernik przed uszkodzeniem.
2. Po uruchomieniu układu ustalamy maksymalną wartość (napięcia lub prądu), którą będziemy stosować podczas pomiarów a następnie tak dobieramy zakres pomiarowy miernika, by wskazówka wychyliła się maksymalnie w prawą stronę – nie przekraczając końca skali. W przypadku mierników analogowych niepewności pomiarowe są najmniejsze w obszarze od ok. połowy skali do jej wartości maksymalnej.
3. Dwie skale pomiarowe są tożsame i mają nam służyć do wygodniejszego odczytu wartości. Należy korzystać albo z górnej, albo z dolnej skali (wygodniejszej do odczytów).
4. Wartość wielkości mierzonej obliczamy z zależności:

$$\text{wartość} = \frac{\text{liczba działek wskazywana przez wskazówkę miernika}}{\text{maksymalna liczba działek wybranej skali miernika}} \cdot \text{wybrany zakres miernika}$$

Uwaga: jeżeli wskazówka znajduje się w obszarze między działkami, zaokrąglamy wartość wskazania do całkowitej liczby działek – musimy subiektywnie stwierdzić, czy koniec wskazówki jest bliżej wyższej, czy bliżej niższej wartości działkowej.

Dlatego: wartość wskazywana musi być zawsze wielokrotnością najmniejszej działki skali.

Dla celów szacowania niepewności wartości wielkości mierzonej należy w tym miejscu przyjąć, że eksperymentator odczytuje położenie wskazówki ze skali przyrządu z niepewnością nie gorszą od wartości odpowiadającej jednej działce skali – niepewność eksperymentatora.

Przykład:

1. Końce przewodów pomiarowych włożono do zacisków „+” i 300V. Zatem zakres pomiarowy miernika wynosi $Z = 300 \text{ V}$
2. W trakcie pracy z układem pomiarowym miernik wskazuje chwilową wartość widoczną na poniższym Rysunku.



3. W pierwszej kolejności obliczamy tzw. stałą zakresu C, która równa jest ilorazowi zakresu przez maksymalną liczbę skali działkowej, z której odczytujemy wskazania:

$$\text{a) dla górnej skali: } C_G = \frac{Z}{m.l.dz.} = \frac{300 \text{ V}}{750 \text{ dz.}} = 0.4 \frac{\text{V}}{\text{dz.}} \quad \text{b) dla dolnej skali: } C_D = \frac{Z}{m.l.dz.} = \frac{300 \text{ V}}{300 \text{ dz.}} = 1 \frac{\text{V}}{\text{dz.}}$$

Proszę zwrócić uwagę, że rzeczywista liczba działek na skali nie jest równa maksymalnej liczbie skali działkowej. Inaczej, np. górna skala nie zawiera 750 kresek oddzielających zakresy widocznych działek elementarnych, 1 dz. Obliczamy wartości 1dz. - odległości pomiędzy sąsiednimi działkami na każdej ze skal. Zauważmy, że ta wartość równa jest niepewności odczytu położenia wskazówki na skali przez eksperymentatora:

$$1dz._G = C_G \cdot 10 = 0.4 \frac{\text{V}}{\text{dz.}} \cdot 10 \text{ dz.} = 4 \text{ V} \quad 1dz._D = C_D \cdot 5 = 1 \frac{\text{V}}{\text{dz.}} \cdot 5 \text{ dz.} = 5 \text{ V}$$

4. Odczytujemy położenie wskazówki na skali a następnie obliczamy wartość wskazywaną:

- a) wskazanie wskazówki na górnej skali odczytujemy jako 510 działek (510dz.). Wartość mierzona wynosi:

$$U_G = 510dz. \cdot C_G = 510dz. \cdot 0.4 \frac{\text{V}}{\text{dz.}} = 204 \text{ V}$$

- b) wskazanie wskazówki na dolnej skali odczytujemy jako 205 działek (205dz.). Wartość mierzona wynosi:

$$U_D = 205 \text{ dz.} \cdot C_D = 205 \text{ dz.} \cdot 1 \frac{V}{\text{dz.}} = 205 V$$

Otrzymane wartości napięć nieznacznie różnią się i w zapisie posiadają różne liczby cyfr znaczących. Niewątpliwie ma to związek z wyborem skali.

5. Szacowanie niepewności pomiaru

a) szacujemy niepewność pomiaru uwzględniającą klasę użytego przyrządu – niepewność wzorcowania:

$$\Delta_d(U) = \frac{\text{klasa} \cdot \text{zakres}}{100} = \frac{0.5 \cdot 300}{100} = 1.5 V$$

b) szacujemy niepewność eksperymentatora związana z odczytem ze skali przyrządu.

$$a_1) \quad \Delta_e(U) = 1 \text{ dz.} = 4 V \qquad a_2) \quad \Delta_e(U) = 1 \text{ dz.} = 5 V$$

Czasami zdarza się, że podczas pomiaru wskazania miernika są niestabilne i wskazówka wykonuje chaotyczne ruchy wokół pewnej średniej wartości na skali. Wtedy jako wartość wskazywaną przyjmujemy środkową (średnią) wartość wskazania. Natomiast wyrażoną odpowiednią liczbą działek wielkość maksymalnego odchylenia wskazówki od wartości średniej – jako dodatkową niepewność eksperymentatora. W takim przypadku wartość przyjętą w pkt. a_1 lub a_2 powiększamy o wartość składowej „chaotycznej”. W naszym przykładzie taki efekt nie występuje, dlatego składowa ta ma wartość zero.

c) szacujemy niepewność standardową wartości zmierzonego napięcia:

$$u(U) = \sqrt{\frac{(\Delta_d(U))^2 + (\Delta_e(U))^2}{3}}$$

$$u(U_G) = \sqrt{\frac{(1.5)^2 + (4)^2}{3}} \approx 2.47 V \approx 2.5 V$$

$$u(U_D) = \sqrt{\frac{(1.5)^2 + (5)^2}{3}} \approx 3.01 V \approx 3.1 V$$

d) zapisujemy wyniki zmierzonej wartości napięcia z uwzględnieniem dokładności wyznaczonej niepewnością standardową:

$$U_G = (204.0 \mp 2.5) V \qquad U_D = (205.0 \mp 3.1) V$$

Występujące różnice wartości U wynikają z przyjęcia do odczytu różnych skal. Jednak biorąc pod uwagę oszacowane wartości niepewności zmierzonych napięć można stwierdzić, że nie ma między nimi wyraźnych różnic.

Ostatecznie w gestii eksperymentatora jest wybór i podanie jednej wartości zmierzonego napięcia oraz jej niepewności, np:

$$\boxed{U = (204.0 \mp 2.5) V}$$

B) Podłączenie, pomiar i szacowanie niepewności wartości zmierzonej w przypadku użycia miernika z odczytem cyfrowym

Podłączenie przewodów pomiarowych do uniwersalnego miernika wielofunkcyjnego (Rysunek) wymaga włożenia końcówki jednego z nich do gniazda wspólnego (COM), natomiast końcówkę drugiego przewodu wkładamy do gniazda z oznaczeniem funkcji, którą ma realizować miernik: V – woltomierz, Ω – omomierz, Hz – częstotliwościomierz, mA – miliamperomierz, 10A – amperomierz dla zakresu 10 amperów.

Przykład:

Mamy do dyspozycji uniwersalny i wielofunkcyjny miernik produkcji Mastech typ MS8265. Pokrętką wybraliśmy funkcję miliamperomierza prądu stałego i zakres pomiarowy 2 mA.



Pokrętko wyboru funkcji i zakresu pomiarowego

Gniazdo wspólne

Widoczny na Rysunku miernik pokazuje wartość natężenia prądu równą $I = 0.6683$ mA. Wartość wskazywana przez miernik ulega chaotycznym zmianom (nie jest to widoczne na Rysunku), które eksperymentator oszacował na 0.0004 mA (cztery jednostki najmniej znaczącej cyfry).

a) ustalone fakty zapisujemy w sposób sformalizowany:

- zakres miernika, $Z = 2$ mA
- chwilowa mierzona wartość natężenia prądu: $I = 0.6683$ mA
- zwyczajowo, aby być w zgodzie z konwencją przyjętą dla mierników analogowych, przyjmujemy wartość 1 działki przyrządu jako niepewność odczytu wartości – będzie to jedna jednostka najmniej znaczącej cyfry w wyświetlanym wyniku, czyli $\Delta_e(I) = 0.0001$ mA.
- dodatkowo w wyniku obserwacji wskazań miliamperomierza zauważono brak stabilności wskazania. Miernik wskazywał szybko zmieniające się wartości w przedziale od 0,6679 mA do 0,6687 mA. Eksperymentator oszacował związaną z fluktuacjami wartość niepewności odczytu natężenia prądu I : $\Delta_{e,f}(I) = 0.0004$ mA.
- wartość niepewności wzorcowania przyrządu szacujemy w oparciu o informację znajdującą się w karcie katalogowej miernika (wypisy z kart katalogowych mierników są do wglądu w laboratorium). W karcie katalogowej miernika z naszego przykładu odnajdujemy:

4.2.9 DC Current

Range	Resolution	Accuracy
2mA	0.1μA	±(0.5% of rdg +10 digits)
200mA	10μA	
10A	1mA	±(2.0% of rdg +20 digits)

Oznaczenia w tabeli: DC Current – natężenie prądu stałego, Range – zakres miernika, Resolution – rozdzielczość wartości wyświetlanego wyniku, Accuracy – określana przez producenta dokładność miernika, rdg – wyświetlana wartość mierzonej wielkości, digit – jednostka wartości najmniej znaczącej cyfry w wyświetlanym wyniku.

W naszym przypadku:

$$\Delta_d(I) = 0.5\% \cdot 0.6683 \text{ mA} + 10 \cdot 0.0001 \text{ mA} = 0,005 \cdot 0.6683 \text{ mA} + 0.0010 \text{ mA} = 0.0043415 \text{ mA}$$

(na tym etapie nie wykonujemy zaokrąglenia wyniku, ponieważ oszacowanie niepewności wzorcowania jest tylko pośrednim etapem oszacowania całkowitej niepewności $u(I)$). Wystarczy, że przepiszemy wartość $\Delta_d(I)$ z co najmniej 4- lub 5-cioma cyframi znaczącymi)

b) niepewność standardowa zmierzonej wartości natężenia prądu:

$$u(I) = \sqrt{\frac{(\Delta_d(I))^2 + (\Delta_e(I) + \Delta_{e,f}(I))^2}{3}}$$

$$u(I) = \sqrt{\frac{(0.0043415)^2 + (0.0001 + 0.0004)^2}{3}} \approx 0.00252 \approx 0.0026 \text{ mA}$$

c) ostatecznie wartość zmierzonego natężenia prądu I wynosi:

$$I = (0.6683 \mp 0.0026) \text{ mA}$$

Należy mieć na uwadze, że wartości $u(I)$ należy obliczyć niezależnie dla każdej zmierzonej wartości I . W tym przypadku wskazane jest użycie arkusza kalkulacyjnego jako efektywnego narzędzia wspomagającego obliczenia.

Należy mieć na uwadze, że dobór właściwego i jednego zakresu miernika dla całej serii pomiarowej skutkuje jednokrotnym podejściem do problemu szacowania niepewności wartości mierzonych. Dlatego przed rozpoczęciem serii pomiarowej warto wykonać kilka pomiarów testowych dla różnych warunków początkowych, aby mieć pewność że nie będzie konieczności zmiany zakresu.

W przypadku gdy używamy innej funkcji miernika (woltomierz, omomierz, termometr), metodyka postępowania przy szacowaniu niepewności jest analogiczna do wyżej opisanej.