

1. Zmierzono rezystancję metodą techniczną w układzie z poprawnie mierzonym prądem. Woltomierz wskazał $U = 10,000\text{ V}$ na zakresie 10 V , a amperomierz $I = 20,00\text{ mA}$ na zakresie 100 mA . Podać wynik pomiaru rezystancji, błąd graniczny i błąd metody, jeśli wyrażenie na błąd graniczny woltomierza wyraża się wzorem:

$$\delta_g U = 0,05\% + 0,01\% * \frac{U_z}{U}$$

a wyrażenie na błąd graniczny amperomierza ma postać:

$$\delta_g I = 0,10\% + 0,05\% * \frac{I_z}{I}$$

Rezystancja amperomierza wynosi $R_a = 10\ \Omega$, a rezystancja woltomierza $R_v = 10\text{ M}\Omega$.

$$R_x = \frac{U}{I} = 10,000\text{ V} / 20,00\text{ mA} = 500,0\ \Omega$$

Błąd graniczny pomiaru wyrażony jest wzorem:

$$\delta_g R_x = \delta_g U + \delta_g I$$

zaś błąd metody wzorem:

$$\delta_m R_x = \frac{R_a}{R_x}$$

$$\delta_g U = 0,05\% + 0,01\% * \frac{U_z}{U} = 0,060\%$$

$$\delta_g I = 0,10\% + 0,05\% * \frac{I_z}{I} = 0,35\%$$

$$\delta_g R_x = \delta_g U + \delta_g I = 0,41\% \approx 0,5\%$$

$$\delta_m R_x = \frac{R_a}{R_x} = 10\ \Omega / 500\ \Omega = 2\%$$

2. Zmierzono rezystancję metodą techniczną w układzie z poprawnie mierzonym napięciem. Woltomierz wskazał $U = 10,000\text{ V}$ na zakresie 10 V , a amperomierz $I = 20,00\text{ mA}$ na zakresie 100 mA . Podać wynik pomiaru rezystancji, błąd graniczny i błąd metody, jeśli wyrażenie na błąd woltomierza wyraża się wzorem:

$$\delta_g U = 0,05\% + 0,01\% * \frac{U_z}{U}$$

a wyrażenie na błąd graniczny amperomierza ma postać:

$$\delta_g I = 0,10\% + 0,05\% * \frac{I_z}{I}$$

Rezystancja amperomierza wynosi $R_a = 10 \Omega$, a rezystancja woltomierza $R_v = 10 M\Omega$.

$$R_x = \frac{U}{I} = 10,000V / 20,00mA = 500,0 \Omega$$

Błąd graniczny pomiaru wyrażony jest wzorem:

$$\delta_g R_x = \delta_g U + \delta_g I$$

zaś błąd metody wzorem:

$$\delta_m R_x = - \frac{1}{1 + \frac{R_v}{R_x}}$$

$$\delta_g U = 0,05\% + 0,01\% * \frac{U_z}{U} = 0,060\%$$

$$\delta_g I = 0,10\% + 0,05\% * \frac{I_z}{I} = 0,35\%$$

$$\delta_g R_x = \delta_g U + \delta_g I = 0,41\% \approx 0,5\%$$

$$\delta_m \approx -5 * 10^{-3} \%$$

3. Sklasyfikować błędy występujące przy pomiarze rezystancji za pomocą mostka Wheatstone'a.

W układzie mostka Wheatstone'a występują następujące składniki błędu pomiarowego:

- błąd graniczny wzorców - błąd systematyczny niewłaściwy

Wynika z faktu, że rezystory używane w mostku są wykonane z ograniczoną dokładnością.

- błąd rozdzielczości - błąd systematyczny niewłaściwy

Wynika z faktu, że regulacja opornika odbywa się w sposób skokowy.

- błąd nieczułości - błąd zera(?), błąd systematyczny niewłaściwy

Związany jest z ograniczoną wrażliwością wskaźnika równowagi na napięcie nie zrównoważenia.

4. Co to jest błąd nieczułości przy pomiarze rezystancji metodą mostkową i w jaki sposób się go wyznacza?

Błąd nieczułości jest to błąd związany jest z ograniczoną wrażliwością wskaźnika równowagi na napięcie nie zrównoważenia. Wyznacza się go ze wzoru:

$$\delta_n R_x = \frac{\Delta R_x}{R_x} * 100\%$$

gdzie ΔR_x to (zdaje się) zmiana oporu przy najmniejszej możliwej do zauważenia zmianie wskazania Δ_{amin} .

5. Obliczyć, dla jakiej wartości rezystancji błędy metody w metodzie technicznej będą równe co do wartości bezwzględnej dla obu układów (z poprawnie mierzonym prądem i z poprawnie mierzonym napięciem), jeśli rezystancja amperomierza wynosi $R_a = 10 \Omega$, a rezystancja woltomierza $R_v = 10 M\Omega$.

Błąd metody w obu układach jest równy dla

$$R_x = \sqrt{R_a * R_v} = 10\,000\Omega$$

6. Obliczyć, dla jakiej wartości rezystancji woltomierza przy pomiarze rezystancji $R_x = 10k\Omega$ błędy metody w metodzie technicznej będą równe co do wartości bezwzględnej dla obu układów (z poprawnie mierzonym prądem i z poprawnie mierzonym napięciem), jeśli rezystancja amperomierza wynosi $R_a = 20 \Omega$.

Błąd metody w obu układach jest równy dla

$$R_x = \sqrt{R_a * R_v}$$

$$R_x^2 = R_a * R_v$$

$$R_v = \frac{R_x^2}{R_a} = 5 M\Omega$$

7. Obliczyć, dla jakiej wartości rezystancji amperomierza przy pomiarze rezystancji $R_x = 10k\Omega$ błędy metody w metodzie technicznej będą równe co do wartości bezwzględnej dla obu układów (z poprawnie mierzonym prądem i z poprawnie mierzonym napięciem), jeśli rezystancja woltomierza wynosi $R_v = 1M\Omega$.

Analogicznie do powyższego...

$$R_a = \frac{R_x^2}{R_v} = 100\Omega$$

8. W jaki sposób wartość napięcia zasilającego mostek Wheatstone'a wpływa na dokładność pomiaru rezystancji?

Wartość błędu nieczułości jest odwrotnie proporcjonalna do wartości E napięcia zasilania mostka. Jeżeli wartość napięcia będzie zbyt duża to oporniki mogą się nagrzać i w związku z tym zmienić swą rezystancję, więc napięcie zasilające nie może być z drugiej strony zbyt duże.

9. Co to jest rezystor nieliniowy?

Rezystor nieliniowy to rezystor, dla którego stosunek U/I nie jest wartością stałą. Rezystancja dynamiczna takiego rezystora określa się wzorem:

$$R_d = \frac{dU}{dI}$$

zaś rezystancja statyczna wzorem:

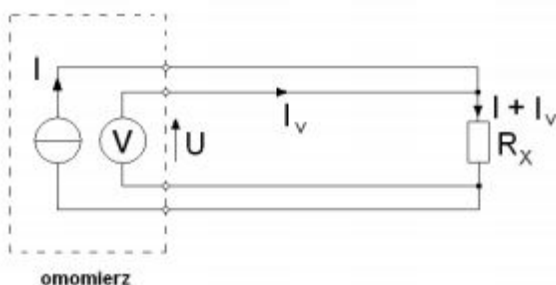
$$R_s = \frac{U}{I}$$

Rezystancja statyczna jest stosunkiem napięcia do prądu dla danej wartości prądu, natomiast rezystancja dynamiczna jest pochodną napięcia względem prądu dla danej wartości prądu (indeks (A) oznacza „w danym punkcie pracy”):

(https://pl.wikipedia.org/wiki/Element_nieliniowy)

10. Wyjaśnić ideę pomiaru rezystancji metodą czteropunktową (w układzie czteropunktowym?)

W przyrządach wykorzystujących taką metodę oddzielamy przewody doprowadzające prąd do mierzonego obiektu (tzw. przewody prądowe) od przewodów mierzących napięcie (tzw. przewody napięciowe):



Czteropunktowa metoda pomiaru rezystancji pozwala wyeliminować wpływ rezystancji przewodów i styków na wynik pomiaru. Stosuje się ją kiedy rezystancja do pomiaru jest rzędu właśnie rezystancji doprowadzeń.

http://www.w12.pwr.wroc.pl/metrologia/instrukcje/Met_2014_5.pdf

11. Mamy zmierzyć rezystancję opornika o wartości ok. $1\text{ k}\Omega$ metodą techniczną wykorzystując woltomierz o rezystancji wewnętrznej $1\text{ M}\Omega$ i amperomierz o rezystancji wewnętrznej 10Ω . W którym układzie (z poprawnie mierzonym prądem czy z poprawnie mierzonym napięciem) błąd metody będzie mniejszy?

Dla

$$R_x > \sqrt{R_a * R_v}$$

błąd δA jest mniejszy niż δV i stosujemy wtedy metodę z dokładnym pomiarem prądu.

http://we.pb.edu.pl/~ketim/ketim-md/ez_3_m/M-05.pdf

$$\sqrt{R_a * R_v} \approx 3k\Omega$$

A zatem zastosujemy układ z dokładnym pomiarem napięcia.

12. Mamy zmierzyć rezystancję opornika o wartości ok. 100Ω za pomocą mostka Wheatstone'a. Podać wartości rezystancji w ramionach stosunkowych mostka, jakie należy wybrać, aby błąd nieczułości był jak najmniejszy (mamy do dyspozycji wartości rezystancji: 10Ω , 100Ω , $1k\Omega$, $10k\Omega$ i $100k\Omega$).

Największą czułość mostek uzyskuje, gdy we wszystkich gałęziach mostka występują jednakowe wartości rezystancji.

Zalecany sposób postępowania przy wyborze rezystancji w ramionach stosunkowych mostka Wheatstone'a jest następujący:

- znając przybliżoną wartość rezystancji mierzonej ustawić w ramionach stosunkowych mostka wartości najbardziej do niej zbliżone
- skorygować wybrane wartości w ramionach stosunkowych mostka w ten sposób, aby wykorzystać wszystkie dekadę opornika dekadowego.

Tutaj nie wiemy ile dekad ma opornik dekadowy, więc nie możemy wykonać punktu drugiego, a zatem w ramionach stosunkowych możemy ustawić wartości rezystancji równe 100Ω .

Możemy również założyć, że wiemy ile dekad ma opornik dekadowy. Wtedy ustawiamy stosunek R_2/R_3 jak najbliższej jedności z wykorzystaniem wszystkich dekad. Która wersja jest poprawna, to zapewne zależy od prowadzącego laboratorium.

13. Mamy zmierzyć rezystancję opornika o wartości ok. $1M\Omega$ za pomocą mostka Wheatstone'a. Jakie wartości rezystancji w ramionach stosunkowych mostka należy wybrać, aby błąd nieczułości był jak najmniejszy (mamy do dyspozycji wartości rezystancji: 10Ω , 100Ω , $1k\Omega$, $10k\Omega$ i $100k\Omega$).

Największą czułość mostek uzyskuje, gdy we wszystkich gałęziach mostka występują jednakowe wartości rezystancji.

Nie mamy opornika o wartości $1\text{M}\Omega$ więc możemy wziąć opornik o wartości $100\text{k}\Omega$ w jeden z ramion stosunkowych. Jeżeli opornik dekadowy ma zakres $1\text{M}\Omega$ możemy tą samą wartość ustawić w drugim ramieniu stosunkowym, jeżeli zaś opornik dekadowy ma mniejszy zakres to w drugim ramieniu stosunkowym wykorzystamy opornik $10\text{k}\Omega$.

14. Mostek Wheatstone'a jest wyposażony w rezystory wzorcowe o tolerancji 0,1 % w ramionach stosunkowych (R3 i R4). Opornik dekadowy ma klasę 0,05 i rozdzielczość 0,1 Ω . Przy jakiej ustawionej na oporniku dekadowym (R2) rezystancji błąd rozdzielczości będzie przynajmniej 10 razy mniejszy od błędu granicznego wzorców?

$$\delta_g Rx = \delta_g R_2 + \delta_g R_3 + \delta_g R_4 = 0,1\% + 0,1\% + 0,05\% = 0,25\%$$

$$\delta_r Rx = \delta_r R_2 = \frac{\Delta_{min} R_2}{R_2} * 100\%$$

$$\frac{\Delta_{min} R_2}{R_2} = 0,00025 \quad // 10 \text{ razy mniejszy od } \delta_g Rx$$

$$R_2 = \Delta_{min} R_2 / 0,00025 = 400\Omega$$

Błąd rozdzielczości będzie 10 razy mniejszy dla rezystancji $R_2 \geq 400\Omega$

15. Mostek Wheatstone'a jest wyposażony w rezystory wzorcowe o tolerancji 0,1 % w ramionach stosunkowych (R3 i R4). Opornik dekadowy ma klasę 0.05 i rozdzielczość 0,1 Ω . Ile dekad musi posiadać opornik dekadowy, aby błąd rozdzielczości był przynajmniej 100 razy mniejszy od błędu granicznego wzorców?

$$\delta_g Rx = \delta_g R_2 + \delta_g R_3 + \delta_g R_4 = 0,1\% + 0,1\% + 0,05\% = 0,25\%$$

$$\delta_r Rx = \delta_r R_2 = \frac{\Delta_{min} R_2}{R_2} * 100\%$$

$$\frac{\Delta_{min} R_2}{R_2} = 0,000025 \quad // 100 \text{ razy mniejszy od } \delta_g Rx$$

$$R_2 = \Delta_{min} R_2 / 0,000025 = 4000\Omega$$

Błąd rozdzielczości będzie 100 razy mniejszy dla rezystancji $R_2 \geq 4000\Omega$.

A zatem opornik dekadowy musi mieć co najmniej 5 dekad (?).

16. Zmierzono rezystancję rezystora omomierzem cyfrowym. Uzyskano wynik $R = 158,15\Omega$. Obliczyć wartość granicznego błędu względnego i bezwzględnego pomiaru rezystancji, jeśli producent omomierza podaje zależność na błąd graniczny względny w postaci:

$$\delta_g Rx = 0,1\% + 0,2\% * \frac{R_z}{R}$$

a pomiaru dokonano na zakresie 1kΩ.

$$\delta_g Rx = 0,1\% + 0,2\% * 6,32 = 1,36\% \approx 1,4\%$$

$$\Delta Rx = 1,4\% * 158,15\Omega = 2,214\Omega \approx 3\Omega$$