

Ćwiczenie: "Pomiary rezystancji przy prądzie stałym"

Opracowane w ramach projektu: "Wirtualne Laboratoria Fizyczne nowoczesną metodą nauczania" realizowanego przez Warszawską Wyższą Szkołę Informatyki.

Zakres ćwiczenia:

1. Pomiary napięcia i natężenia prądu płynącego w obwodzie dla zadanych rezystancji.
2. Metoda techniczna:
 - 2.1 Układ poprawnie mierzonego prądu
 - 2.2 Układ poprawnie mierzonego napięcia
3. Pomiar multimetrem laboratoryjnym.
4. Mostek Wheatstone'a.
5. Mostek Thomsona.



Autor: Marcin Godziemba-Maliszewski

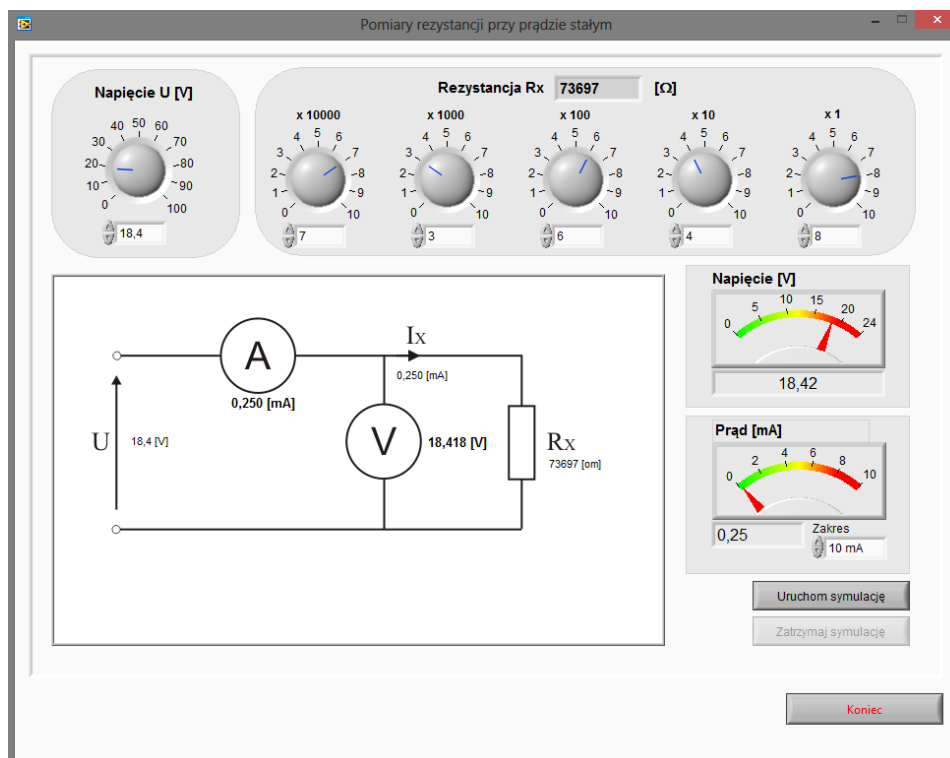
Radom 2013

Scenariusz prowadzenia ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie metod pomiaru rezystancji elementów liniowych i nieliniowych o wartościach od pojedynczych omów do kilku megaomów oraz poznanie źródeł błędów w tych pomiarach.

1. Pomiary napięcia i natężenia prądu płynącego w obwodzie dla zadanych rezystancji.

Celem ćwiczenia jest poznanie najprostszej metody pomiaru rezystancji opierającej się o pomiar wartości napięcia na elemencie badanym oraz prądu przez niego płynącego. Wynik pomiaru wyliczony jest z prawa Ohma.



Rys.1. Wirtualny przyrząd do pomiaru napięcia i prądu w obwodzie.

Zadanie 1.

Wyznaczyć w sposób doświadczalny zależność natężenia prądu płynącego przez przewodnik (rezystor dekadowy) od przyłożonego napięcia. Wykonać 10 pomiarów dla różnych wartości napięcia. Wyniki pomiarów wpisać do tabeli pomiarowej numer 1. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów wykreślić zależność $U=f(I)$.

Tab.1. Pomiar natężenia prądu płynącego przez przewodnik i wyznaczenie rezystancji.

Lp.	U [V]	I [A]	U/I [Ω]

Zadanie 2.

Wyznaczyć w sposób doświadczalny zależność natężenia prądu od oporu przewodnika. Wykonać 10 pomiarów dla różnych wartości rezystancji nastawionych na rezystorze dekadowym. Wyniki pomiarów wpisać do tabeli pomiarowej numer 2. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów wykreślić zależność $I=f(R_x)$.

Tab.2. Pomiar natężenia prądu płynącego przez przewodnik.

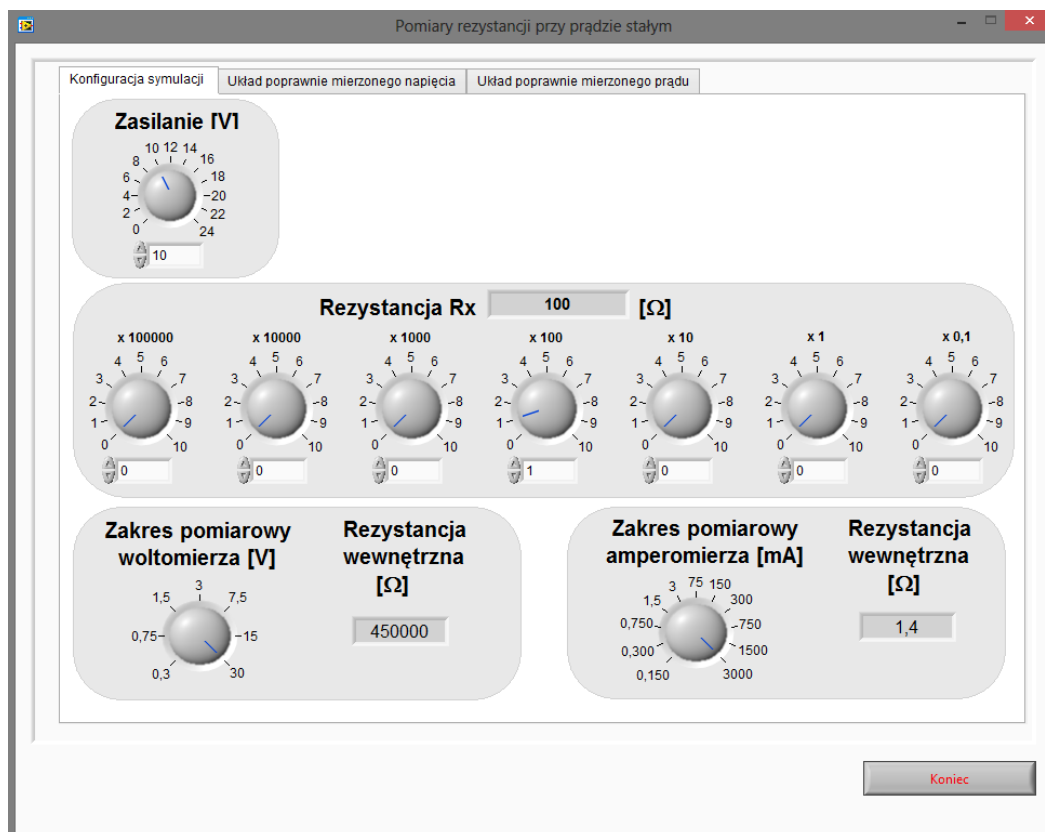
Lp.	U [V]	R_x [Ω]	I [A]	U/I [Ω]



2. Metoda techniczna.

Celem ćwiczenia jest poznanie typowych metod pośrednich pomiaru rezystancji elementów liniowych o małej i dużej oporności oraz źródeł powstania błędów i ich korekcji. W ramach ćwiczenia przedstawione będą dwa układy pośredniego pomiaru rezystancji opierające się bezpośrednio na wykorzystaniu prawa Ohma:

- układ poprawie mierzonego prądu,
- układ poprawnie mierzonego napięcia.



Rys.2. Wirtualny przyrząd pomiarowy do pomiaru rezystancji metodą techniczną - konfiguracja ćwiczenia.

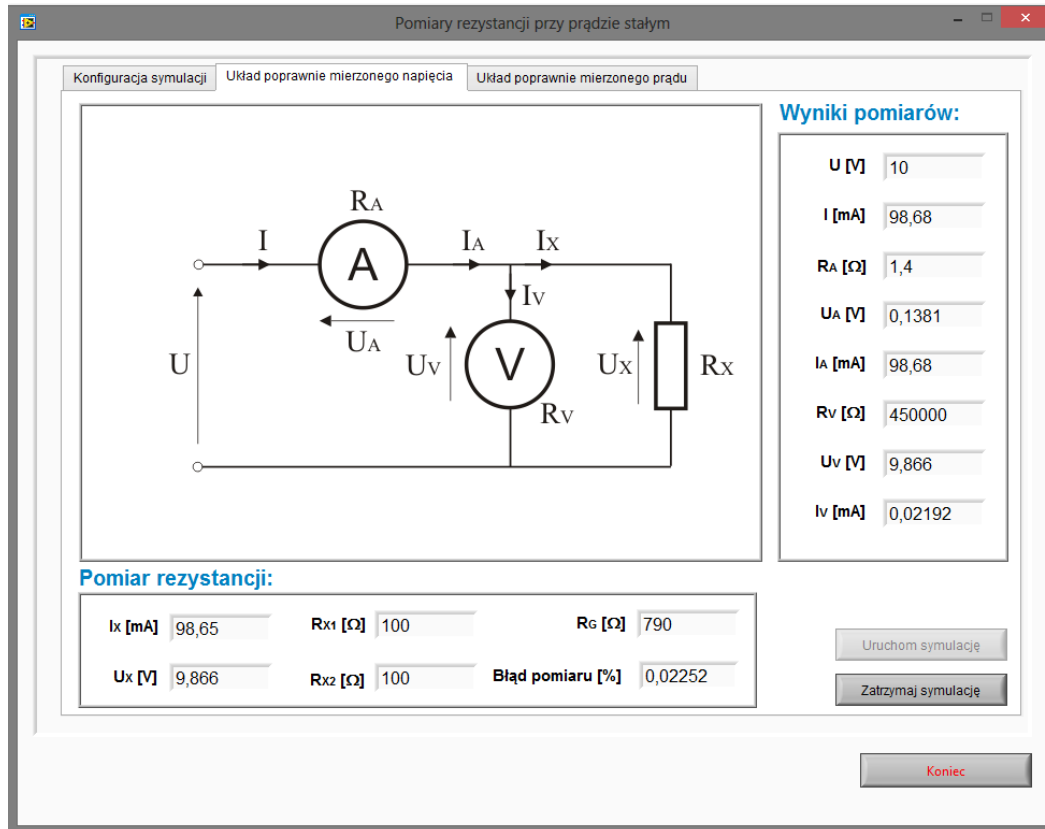
Z wykorzystaniem konfiguratora symulacji nastawiamy:

- zasilanie układu pomiarowego
- za pomocą przełącznika dekadowego symulowaną rezystancję R_x
- zakresy pomiarowe amperomierza i woltomierza



Układ poprawnie mierzonego napięcia.

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z układem stosowanym do pomiaru małych rezystancji. Pomiar napięcia wykonuje się w układzie poprawnie mierzonego napięcia bezpośrednio na elemencie mierzonym $U_V=U_X$ ze względu na dużą wartość rezystancji wewnętrznej woltomierza. Prąd upływający zgodnie z prawem Kirchhoffa poprzez woltomierz jest kilkanaście razy mniejszy niż prąd płynący przez element badany, co ma znikomą wpływ na wynik pomiaru rezystancji.



Rys.3. Układ poprawnie mierzonego napięcia.

Amperomierz o rezystancji R_V , przez który przepływa prąd I wytwarza spadek napięcia U_A na swojej rezystancji wewnętrznej. Powstały spadek napięcia nie ma wpływu na wartość napięcia mierzonego na elemencie badanym. Amperomierz mierzy natomiast sumę prądów płynących przez woltomierz I_V oraz przez element badany I_X .

$$I = I_V + I_X$$

Wartość mierzonej rezystancji R_{x2} jest wyznaczana bezpośrednio ze wskazań obu przyrządów:

$$R_{x2} = \frac{U_V}{I_A}$$

Należy pamiętać, że wartość rzeczywista badanej rezystancji R_{x1} wynosi:

$$R_{x1} = \frac{U_V}{I_X} = \frac{U_V}{I - \frac{U_V}{R_V}}$$

Jak widać z powyższych wzorów pomiar obarczony jest błędem metody pomiaru. Nie zależy on o dokładności użytych przyrządów. Wartość błędu metody określa się ze wzoru:

$$\delta = \frac{1}{1 + \frac{R_V}{R_X}} * 100 \%$$



Dla rezystancji $R_x = R_g = \sqrt{R_A * R_V}$ błąd metody w układach poprawnie mierzonego napięcia lub prądu są sobie równe. Jeśli spodziewana wartość rezystancji R_x jest mniejsza od granicznej rezystancji R_g używa się układu poprawnie mierzonego napięcia. W przeciwnym wypadku używa się układu poprawnie mierzonego prądu.

Zadanie 3.

Wykorzystując przyrząd wirtualny do symulacji układu poprawnie mierzącego napięcia na elemencie badanym przedstawionym na rysunku 3 należy przeprowadzić pomiary dla 6 wartości rezystancji z zakresu od 0 do R_g oraz dla 3 wartości przekraczających R_g . Należy policzyć błąd metody rezystancję z pomiarów oraz skorygowaną rezystancję uwzględniającą poprawki na rezystancję woltomierza. Serie pomiarowe należy przeprowadzić dla zakresów pomiarowych przyrządów dobranych do wielkości mierzonych oraz dla maksymalnych zakresów. Wyniki pomiarów i obliczeń należy wpisać do tabeli pomiarowej numer 3.

$$R_g = \sqrt{R_A * R_V} = \dots$$

Tab. 3. Pomiar rezystancji układ poprawnie mierzonego napięcia.

$Lp.$	$R_A [\Omega]$	$R_V [\Omega]$	$R_x [\Omega]$	$U [V]$	$I [A]$	$R_{x2} = \frac{U}{I} [\Omega]$	$R_{x1} = \frac{U_V}{I - \frac{U_V}{R_V}} [\Omega]$	$\delta = \frac{1}{1 + \frac{R_V}{R_x}} * 100 \% [%]$

Układ poprawnie mierzonego prądu.

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z układem do pomiaru dużych rezystancji. Woltomierz mierzy napięcie U będące sumą spadków napięć ($U_x + U_A$) na rezystancji badanej oraz na amperomierzu. Rezystancja wewnętrzna amperomierza rośnie wraz ze zmniejszaniem jego zakresu pomiarowego. I tak, dla zakresu 1 A rezystancja jest rzędu dziesiątej części oma lub pojedynczych omów, natomiast dla zakresu 1,5 mA może wynosić setki omów i więcej. Podobnie sprawa ma się z woltomierzem, im większy zakres pomiarowy, tym większa oporność wewnętrzna.

Rys.4. Układ poprawnie mierzonego prądu.



Jak już wspomniano wcześniej woltomierz mierzy sumę spadków napięć:

$$U_V = U_X + U_A$$

Wartość mierzonej rezystancji R_{x2} jest wyznaczana ze wskazań obu przyrządów:

$$R_{x2} = \frac{U_V}{I_A}$$

Należy pamiętać, że wartość rzeczywista badanej rezystancji wynosi:

$$R_{x1} = \frac{U_X}{I_A} = \frac{U_V - U_A}{I_A} = \frac{U_V - R_A * I_A}{I_A} = \frac{U_X}{I_A} - R_A$$

Jak widać z powyższych wzorów, pomiar obarczony jest błędem metody pomiaru. Nie zależy on od dokładności użytych przyrządów. Wartość błędu metody określa się ze wzoru:

$$\delta = \frac{R_A}{R_X} * 100 \%$$

Zadanie 4.

Wykorzystując przyrząd wirtualny do symulacji układu poprawnie mierzącego prądu na elemencie badanym przedstawionym na rysunku 4 należy przeprowadzić pomiary dla 3 wartości rezystancji z zakresu od 0 do R_g oraz dla 6 wartości przekraczających R_g . Należy policzyć błąd metody rezystancję z pomiarów oraz skorygowaną rezystancję uwzględniającą poprawki na rezystancję amperomierza. Serie pomiarowe należy przeprowadzić dla zakresów pomiarowych przyrządów dobranych do wielkości mierzonych oraz dla maksymalnych zakresów. Wyniki pomiarów i obliczeń należy wpisać do tabeli pomiarowej numer 4.

$$R_g = \sqrt{R_A * R_V} = \dots\dots\dots$$

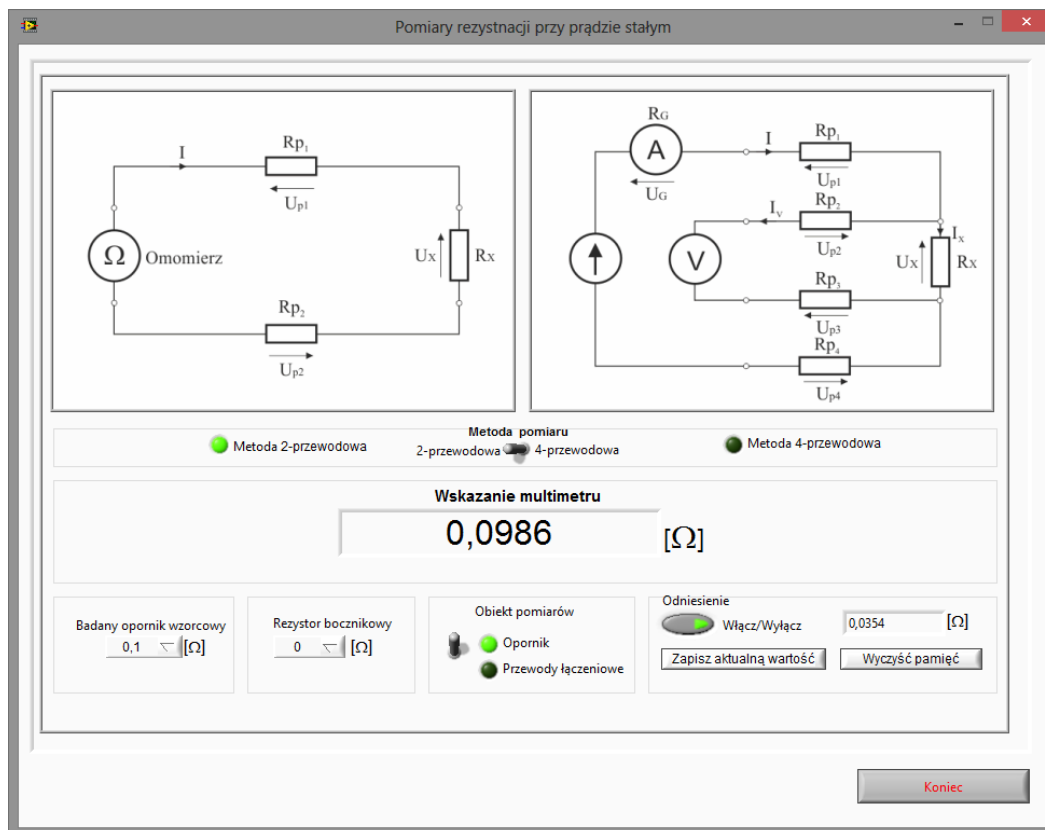
Tab. 4. Pomiar rezystancji układ poprawnie mierzonego napięcia.

Lp.	$R_A [\Omega]$	$R_V [\Omega]$	$R_x [\Omega]$	$U [V]$	$I [A]$	$R_{x1} = \frac{U}{I} [\Omega]$	$R_{x2} = \frac{U_X}{I_A} - R_A [\Omega]$	$\delta = \frac{R_A}{R_X} * 100 \% [%]$



3. Pomiary multimetrem laboratoryjnym.

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z pomiarami rezystancji z wykorzystaniem multimetru cyfrowego umożliwiającego oraz pokazanie różnic pomiędzy pomiarem rezystancji metodą dwuprzewodową jak i czteroprzewodową. Program daje możliwość pomiaru rezystorów wzorcowych o wartościach od $0,01 \Omega$ do 100Ω przy wykorzystaniu obu metod pomiarowych.



Rys.5. Wirtualny przyrząd do pomiaru rezystancji metodą dwu- i czteroprzewodową (multimetr laboratoryjny).

Omomierze cyfrowe pozwalają na pomiar rezystancji metodą dwu- i czteroprzewodową. Wybór metody pomiaru jest bardzo istotny przy pomiarze rezystancji porównywalnych z rezystancją przewodów pomiarowych. Symulator pozwala na stosowanie rezystancji odniesienia pozwalającej na wprowadzenie do pamięci urządzenia wartości rezystancji przewodów pomiarowych i zarazem automatyczną korekcję błędów pomiarowych związanych z wartością rezystancji przewodów doprowadzających.

Zadanie 5.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 5 należy zapoznać się z obsługą multimetru cyfrowego na przykładzie wykonywania pomiarów metodą dwuprzewodową z włączoną funkcją korekcji odniesienia. W tym celu należy:

- ustawić przełącznik wyboru metody pomiarowej na pomiar dwuprzewodowy
- ustawić przełącznik „obiekt pomiarowy” na pomiar przewodów łączeniowych
- zapisać aktualną wartość w sekcji odniesienie
- wybrać z listy wartość badanego rezystora wzorcowego (ustawić wartość $0,1 \Omega$)
- przełączyć przełącznik „obiekt pomiarowy” w pozycję opornik badany
- zaobserwować wynik pomiaru
- włączyć poziom odniesienia
- zaobserwować wynik pomiaru z automatycznym skorygowaniem pomiaru o wartość przewodów przyłączeniowych
- policzyć błąd względny pomiaru rezystancji z i bez korekcji



Zadanie 6.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 5 należy przeprowadzić badania w układzie 2 przewodowym z włączoną oraz wyłączoną korekcją dla różnych wartości opornika wzorcowego. Porównać wpływ wartości rezystancji przewodów przyłączeniowych na pomiar małych, średnich i dużych wartości rezystancji.

Zadanie 7.

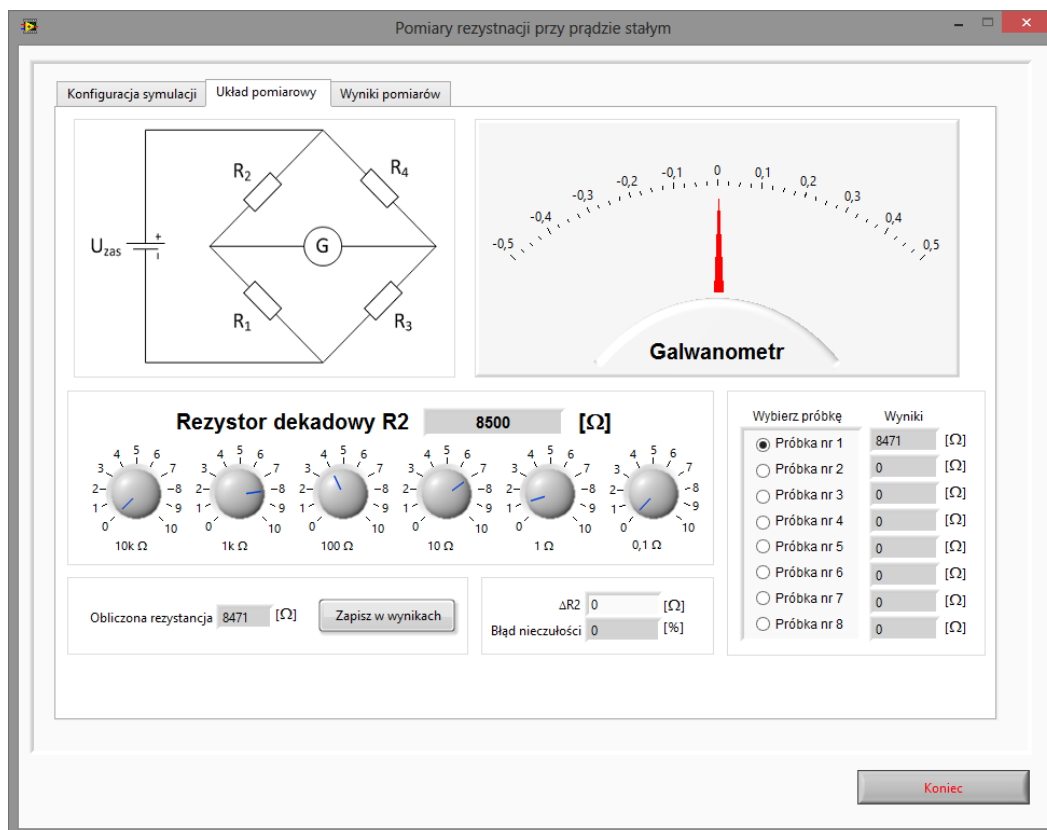
Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 5 należy przeprowadzić badania w układzie 4 przewodowym z włączoną oraz wyłączoną korekcją.

Zadanie 8.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 5 należy przeprowadzić badania w układzie 4 przewodowym z włączoną oraz wyłączoną korekcją dla różnych wartości opornika wzorcowego. Porównać wpływ wartości rezystancji przewodów przyłączeniowych na pomiar małych, średnich i dużych wartości rezystancji.

4. Mostek Wheatstone'a.

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z metodyką wykonywania pomiarów z wykorzystaniem mostka Wheatstone'a



Rys.6. Wirtualny przyrząd do pomiaru rezystancji z wykorzystaniem mostka Wheatstone'a.

Zadanie 9.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 6 należy zapoznać się z obsługą mostka Wheatstone'a. Aby przeprowadzić pomiar należy:

- ustawić pożądaną wartość napięcia zasilania mostka
- ustawić zakres mostka za pomocą oporników dekadowych R3 i R4
- ustawić wartości tolerancji oporników R2, R3 i R4



- ustawić małą czułość galwanometru
- zatwierdzić wprowadzone zmiany
- za pomocą opornika dekadowego R2 zrównoważyć wstępnie mostek
- zwiększyć czułość galwanometru do wartości maksymalnej
- zrównoważyć ponownie mostek korzystając ze wszystkich dekad opornika R2
- sprawdzić wpływ napięcia zasilania na wskazania galwanometru
- określić wartość ΔR_2 powodującą zmianę położenia wskaźnika zażera i wpisać ją w odpowiednie pole na interfejsie użytkownika
- obliczyć błąd nieczułości mostka ze wzoru:

$$\delta_{xn} = \frac{\Delta R_2}{R_2} \cdot 100$$

- obliczyć błąd systematyczny związany z niedokładnością wykonania oporników gałęzi mostka:

$$\delta_{xs} = \pm(|\delta_{R2}| + |\delta_{R3}| + |\delta_{R4}|)$$

- obliczyć błąd pomiaru rezystancji ze wzoru:

$$\Delta R_x = R_x \cdot (|\delta_{xs}| + |\delta_{xg}|)$$

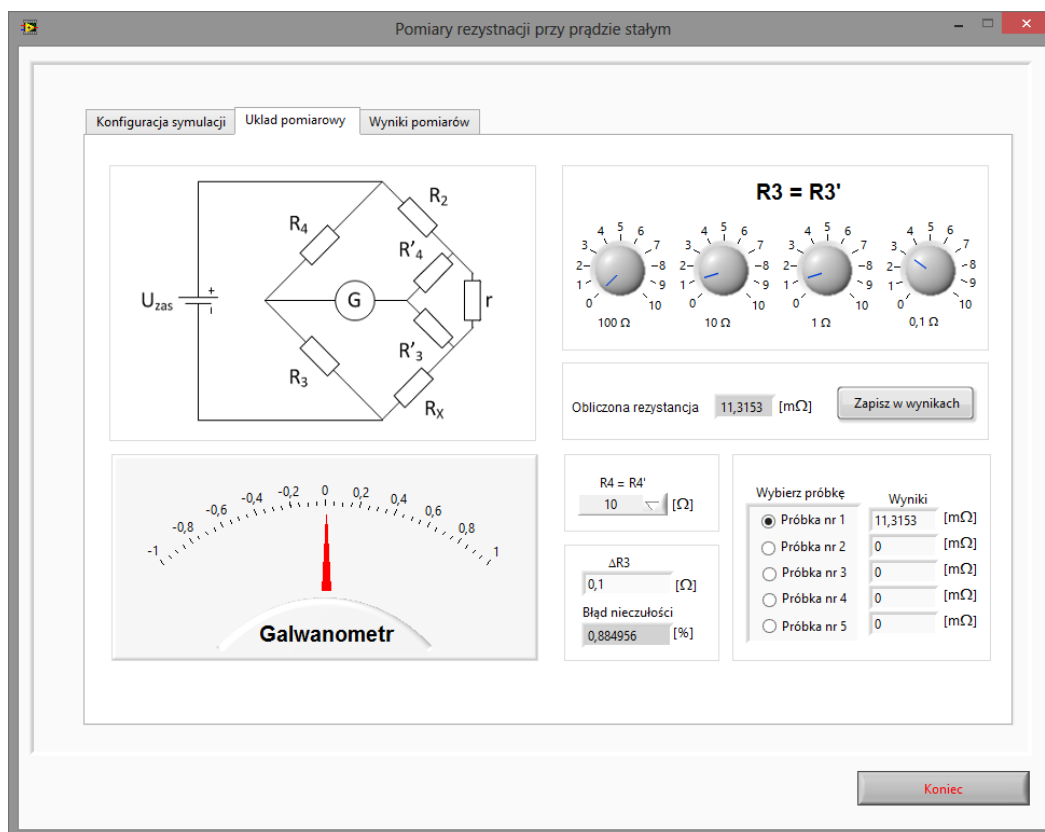
- obliczony błąd wpisać w zakładce wynik pomiaru dla właściwej próbki
- sprawdzić wyniki pomiarów – zapalenie diody oznacza właściwe wykonanie obliczeń i zrównoważenie mostka

Zadanie 10.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 6 oraz procedurę wykonywania pomiarów przedstawioną w zadaniu 9 należy wykonać pomiary i obliczenia dla 8 próbek. Wartości rezystancji są generowane losowo przy każdym starcie aplikacji.

5. Mostek Thomsona.

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z metodyką wykonywania pomiarów z wykorzystaniem mostka Thomsona.



Rys.7. Wirtualny przyrząd do pomiaru rezystancji z wykorzystaniem mostka Thomsona.



Zadania 11.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 7 należy zapoznać się z obsługą mostka Thomsona. Aby przeprowadzić pomiar należy:

- ustawić pożądaną wartość napięcia zasilania mostka
- ustawić wartość opornika R2 możliwie najbliższej przewidywanej wielkości (rzęd wielkości) mierzonej
- ustawić wartości tolerancji oporników R2, R3 i R4
- ustawić małą czułość galwanometru
- zatwierdzić wprowadzone zmiany
- ustawić za pomocą opornika R4 zakres pomiarowy mostka
- za pomocą opornika dekadowego R3 zrównoważyć wstępnie mostek
- zwiększyć czułość galwanometru do wartości maksymalnej
- zrównoważyć ponownie mostek korzystając ze wszystkich dekad opornika R3
- sprawdzić wpływ napięcia zasilania na wskazania galwanometru – uzyskać możliwie największą czułość
- określić wartość ΔR_3 powodującą zmianę położenia wskaźnika zażera i wpisać ją w odpowiednie pole na interfejsie użytkownika
- obliczyć błąd nieczułości mostka ze wzoru:

$$\delta_{xn} = \frac{\Delta R_3}{R_3} \cdot 100$$

- obliczyć błąd systematyczny związany z niedokładnością wykonania oporników gałęzi mostka:

$$\delta_{xs} = \pm \left(|\delta_{R2}| + |\delta_{R3}| + |\delta_{R4}| + \frac{R_x}{R_x + R_2} \cdot (|\delta_{R3}| + |\delta_{R'3}| + |\delta_{R4}| + |\delta_{R'4}|) \right)$$

- obliczyć błąd pomiaru rezystancji ze wzoru:

$$\Delta R_x = R_x \cdot (|\delta_{xs}| + |\delta_{xg}|)$$

- dla danej próbki wybrać materiał, z jakiego wykonana jest próbka testowa na podstawie zmierzonej rezystancji i przekroju
- sprawdzić wyniki pomiarów – zapalenie diody oznacza właściwe wykonanie obliczeń i właściwe zrównoważenie mostka

Zadanie 12.

Wykorzystując wirtualny przyrząd pomiarowy przedstawiony na rysunku 7 oraz procedurę wykonywania pomiarów przedstawioną w zadaniu 11 należy wykonać pomiary i obliczenia dla 5 próbek. Wartości rezystancji i przekroje są generowane losowo przy każdym starcie aplikacji.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WARSZAWSKA
WYŻSZA SZKOŁA
INFORMATYKI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

