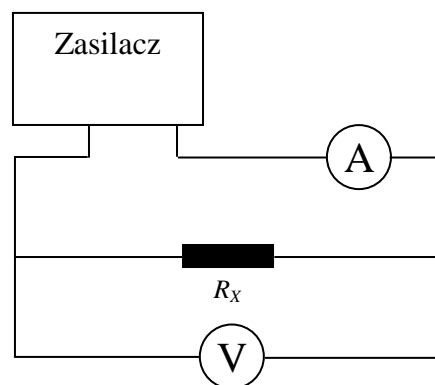


## BADANIE ZALEŻNOŚCI MIĘDZY NATĘŻENIEM PRĄDU I NAPIĘCIEM W OBWODZIE ELEKTRYCZNYM

W ćwiczeniu będzie badana zależność natężenia prądu płynącego przez nieznaną element od napięcia, czyli charakterystyka prądowo - napięciową. W pomiarach zostanie wykorzystany obwód elektryczny, którego schemat przedstawiono poniżej.



Rys. 1. Układ do pomiaru zależności natężenia prądu płynącego przez element  $R_x$  od napięcia.

Amperomierz oznaczony symbolem  $\text{A}$  służy do pomiaru natężenia prądu.

Woltomierz oznaczony symbolem  $\text{V}$  służy do pomiaru napięcia.

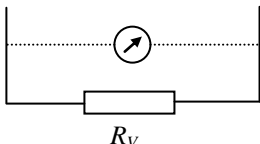
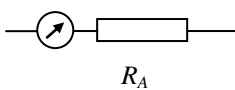
W pierwszej części pomiarów należy otrzymać charakterystykę prądowo- napięciową rezystora wykonanego z przewodnika (metal lub stopu metali). Dla tych materiałów obowiązuje prawo Ohma :

$$R = \frac{U}{I} \quad (1),$$

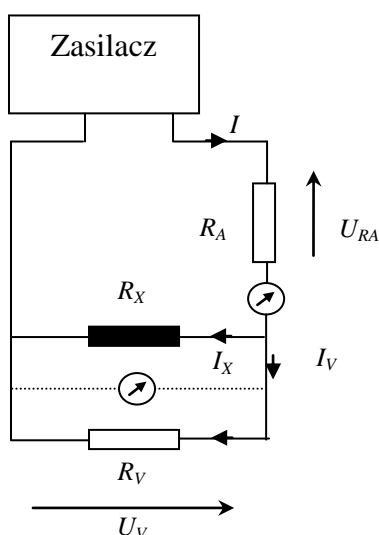
a więc zależność między natężeniem prądu i napięciem jest liniowa.

Użycie woltomierza i amperomierza nie wpływa na kształt charakterystyki prądowo- napięciowej, ale może być źródłem błędnych pomiarów mierzonej wartości rezystancji  $R_x$ . Zarówno woltomierz jak i amperomierz posiadają wewnętrzne rezystancje, które na schemacie obwodu oznacza się w następujący sposób:

Oznaczenie na schemacie woltomierza i amperomierza z wydzieloną rezystancją wewnętrzną

woltomierz:  ; amperomierz: 

Jeśli uwzględnić rezystancje wewnętrzne używanych mierników w układzie przedstawionym na rys. 1, to otrzymamy schemat przedstawiony na rys. 2. Po włączeniu zasilania, prąd płynący z zasilacza przez amperomierz, rozdzieli się na dwie gałęzie: jedną prąd płynie przez badany rezystor, a drugą przez woltomierz.



Rys.2. Schemat 1 z wydzielonymi rezystancjami wewnętrznymi amperomierza i woltomierza.

Zgodnie z pierwszym prawem Kirchhoffa natężenie prądu płynącego przez amperomierz będzie sumą natężeń prądów w rozgałęzieniach:

$$I = I_X + I_V \quad (2)$$

Z prawa Ohma natężenia prądu w rozgałęzieniach wynoszą odpowiednio:

$$I_X = \frac{U_V}{R_X}, I_V = \frac{U_V}{R_V}, \quad (3)$$

stąd natężenie prądu mierzone przez amperomierz wynosi:

$$I = \frac{U_V}{R_X} + \frac{U_V}{R_V} = U_V \left( \frac{1}{R_X} + \frac{1}{R_V} \right) = \frac{U_V}{R_X} \left( 1 + \frac{R_X}{R_V} \right), \quad (4)$$

a do obliczeń  $R_X$  stosuje się wzór:

$$I = \frac{U_V}{R_X}. \quad (5)$$

Wyraz  $\frac{R_X}{R_V}$  można tylko wtedy zaniedbać, gdy  $R_X \ll R_V$ .

Jeśli ten warunek nie jest spełniony można zastosować inny układ połączeń (rys. 3). W tym przypadku woltomierz będzie wskazywał sumę napięć na rezystorze i amperomierzu:

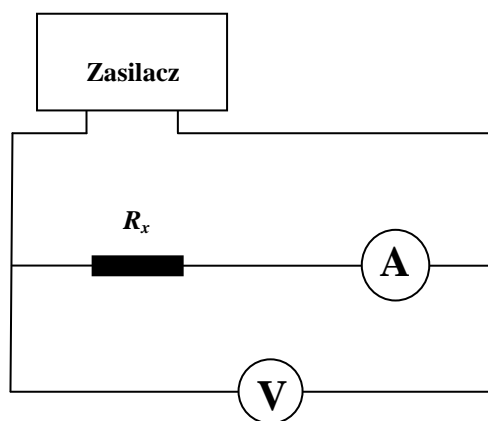
$$U_V = I_X R_X + I_X R_A = I_X R_X \left( 1 + \frac{R_A}{R_X} \right), \quad (6)$$

stąd:

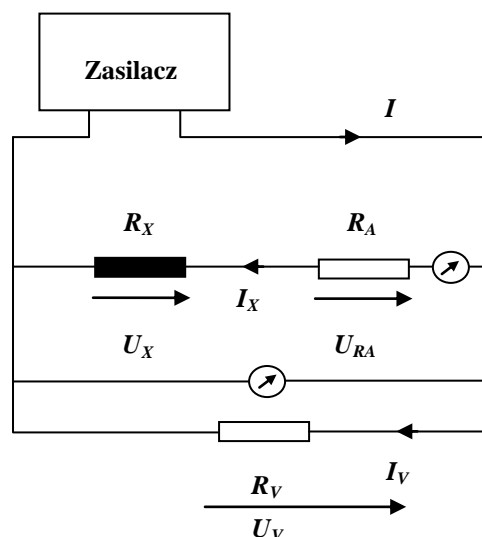
$$R_X = \frac{U_V - U_{RA}}{I_X} = \frac{U_V}{I_X} - R_A, \quad (7)$$

ponieważ amperomierz mierzy prąd  $I_X$ , to do obliczeń stosuje się wzór:  $R_X = \frac{U_V}{I_X}$ .

Człon z  $R_A$  we wzorach (6) i (7) można zaniedbać, jeśli  $R_X \gg R_A$ .



Rys. 3 Schemat połączeń z woltomierzem włączonym równolegle do amperomierza i rezystora



Rys.4. Schemat 3 z wydzielonymi rezystancjami wewnętrznymi amperomierza i woltomierza.

Zazwyczaj woltomierze mają dużą rezystancję wewnętrzną, a amperomierze małą. Dla wartości rezystancji mierzonej  $R_x$  rzędu  $1\text{ k}\Omega$  warunek  $R_x \ll R_V$  jest spełniony „lepiej” niż warunek  $R_x \gg R_A$  i wówczas stosujemy układ przedstawiony na rys.1.

W drugiej części ćwiczenia należy wykonać pomiar charakterystyki prądowo - napięciowej dla elementu nieliniowego.

## 2. Wykonanie ćwiczenia

2.1 Połączyć układ według schematu na rys. 1. Należy pamiętać, aby zaciski przyrządów pomiarowych oznaczone znakiem „+” łączyć z zaciskiem zasilacza o wyższym potencjale.

2.2 Wykonać pomiary charakterystyki prądowo - napięciowej dla elementu liniowego:

- Ustawić pokrętko zasilacza w położeniu minimalnego napięcia wyjściowego (w lewo do oporu), a pokrętko wydajności prądowej - o ile istnieje - w położeniu wartości maksymalnej.
- Ustawić zakres woltomierza nie mniejszy niż  $15\text{ V}$ , a amperomierza nie mniejszy niż  $500\text{ mA}$ .
- Przed włączeniem zasilania układ pomiarowy **MUSI** zostać sprawdzony przez asystenta. **Nie włączać samodzielnie przyrządów!** Asystent włączy przyrządy i określi zakresy pomiarowe, na których będą wykonywane pomiary.
- Przygotować tabelkę pomiarową i wykonać około 10-12 pomiarów wartości  $U$  i  $I$  dla różnych napięć **bez zmiany zakresów pomiarowych**. Punkty pomiarowe powinny być w miarę równomiernie rozłożone w całym zakresie zmian napięcia i natężenia.
- Zanotować klasę amperomierz i woltomierza, zakresy pomiarowe oraz liczby działek na skalach.

2.3 Wykonać pomiary charakterystyki prądowo - napięciowej dla elementu nieliniowego (część wykonywana opcjonalnie):

- Połączyć układ według schematu na rys. 1, włączając w układ diodę tak, aby została spolaryzowana w kierunku przewodzenia (czerwony zacisk diody połączyć z zaciskiem dodatnim zasilacza).
- Ustawić pokrętko zasilacza w położeniu minimalnego napięcia wyjściowego (w lewo do oporu), a pokrętko wydajności prądowej - o ile istnieje - w położeniu wartości maksymalnej.
- Ustawić zakres woltomierza nie większy niż  $1\text{ V}$ , a amperomierza nie mniej niż  $200\text{ mA}$ .
- Włączyć zasilacz i ustawić na nim napięcie, przy którym napięcie badane (mierzone przy pomocy woltomierza) będzie równe ok.  $0,1\text{ V}$ . Obserwować uważnie wartość prądu płynącego przez diodę.

- e. Wykonać około 10 pomiarów wartości  $U$  i  $I$  dla napięć z zakresu, dla którego zachodzą mierzalne zmiany wartości prądu. Nie wolno przekraczać wartości 750 mA prądu płynącego przez diodę - większe prądy mogą spowodować przepalenie diody. Zmieniać zakresy przyrządów - o ile to możliwe - tak, aby wskazówka wychyliła się ponad połowę skali.

### 3. Opracowanie wyników

#### 3.1 Opracowanie wyników uzyskanych dla rezystora (część 2.2)

- Wpisać zmierzone wartości napięcia i natężenia prądu (w podstawowych jednostkach SI) do arkusza kalkulacyjnego programu ORIGIN oraz niepewności tych wielkości (w oddzielnych kolumnach) i wykonać dopasowanie liniowe zależności  $U(I)$  w postaci prostej  $y=a+bx$ , gdzie  $y=U$ ,  $x=I$ ,  $b=R_x$ .
- Wydrukować wykres z tabelą z parametrami dopasowania (na wykresie należy również umieścić nazwiska osób wykonujących ćwiczenie, numer zespołu i grupę).
- Odczytać z wyników dopasowania programu ORIGIN niepewność standardową  $u_c(R_x)$  obliczaną metodą typu A.
- Wykonać dopasowanie liniowe zależności  $I(U)$ , dla której  $y=I$ ,  $x=U$ ,  $b=1/R_x$ . Obliczyć  $R_x$  i niepewność standardową  $R_x$ . Porównać otrzymane wyniki.
- Korzystając z prawa Ohma obliczyć dla wybranego pojedynczego pomiaru wartość rezystancji  $R_x$  i niepewność standardową złożoną (typu B). Zapisać poprawnie otrzymane wyniki.
- Dodać do siebie wartości niepewności obliczanych metodami typu A i B metodą przenoszenia niepewności.
- Obliczyć niepewność rozszerzoną i zapisać poprawnie wynik pomiarów.
- Sprawdzić korzystając z testu  $\chi^2$ , czy zbadana zależność jest zależnością liniową.

#### 3.2 Opracowanie wyników uzyskanych dla diody (część 2.3)

- Wpisać zmierzone wartości do arkusza kalkulacyjnego programu ORIGIN i wykonać wykres zależności  $I(U)$ , zawierający tylko punkty pomiarowe.
- Czy powinno wykonywać się dopasowanie liniowe dla wyników uzyskanych przy pomiarze diody? Ewentualny sposób dopasowania przedyskutować z asystentem prowadzącym ćwiczenie.

#### W SPRAWOZDANIU POWINNY ZNALEŹĆ SIĘ NASTĘPUJĄCE PUNKTY:

- Krótki opis metod (innych niż zastosowane w ćwiczeniu!) wyznaczenia nieznannej rezystancji (kilka zdań o każdej z metod, ich zaletach i zakresie zastosowań, schemat połączeń, nie przepisywać poradników ani informacji z wikipedii!!!).
- Obliczenie  $R_x$ ,  $u_c(R_x)$  rezystancji dla pojedynczego pomiaru (każda osoba z zespołu wybiera INNĄ parę pomiarów z charakterystyki prądowo-napięciowej dla rezystora).
- Obliczenie  $R_x$ ,  $u_c(R_x)$  i  $U_c(R_x)$  rezystancji metodą najmniejszych kwadratów z charakterystyk  $I(U)$  i  $U(I)$  (koniecznie z obu!!!) na podstawie obliczeń wykonanych w Originie (opis obliczeń - patrz punkt 3.1).
- Wykres dla diody (jeśli wykonywane były pomiary).
- Odpowiedź na pytania:
  - Do czego służy metoda najmniejszych kwadratów?
  - Dla jakich wartości prądu płynącego przez rezystor zależność pomiędzy  $U$  i  $I$  można uznać za liniową? (Rozważyć wartość ciepła Joule'a wydzielającego się na badanym elemencie i sprawdzić w literaturze temperaturowe zależności rezystancji materiału (zazwyczaj stopu metali), z którego zbudowany jest rezystor.)
  - Dlaczego zależność  $I$  od  $U$  dla diody nie jest liniowa? (Jeśli były wykonywane pomiary)

Ocena ze sprawozdania będzie zależała od stopnia realizacji poszczególnych punktów, a w szczególności od realizacji PUNKTU 3 (dołączenie do sprawozdania wydrukowanych wykresów w Originie NIE JEST realizacją tego punktu!!!).