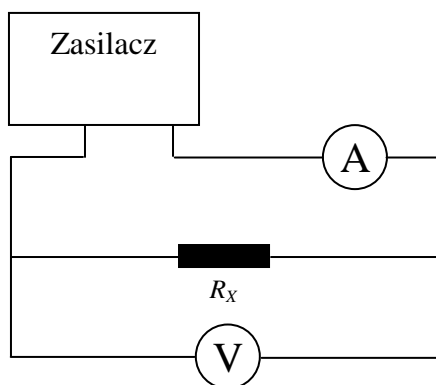


BADANIE ZALEŻNOŚCI MIĘDZY NATĘŻENIEM PRĄDU I NAPIĘCIEM W OBWODZIE ELEKTRYCZNYM

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 A służy do pomiaru natężenia prądu.

Woltomierz oznaczony symbolem V służy do pomiaru napięcia.

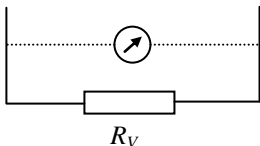
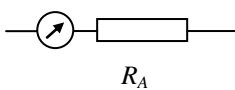
W pierwszej części pomiarów należy otrzymać charakterystykę prądowo- napięciową rezystora wykonanego z przewodnika (metal lub stopu metali). Dla tych materiałów obowiązuje prawo Ohma :

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

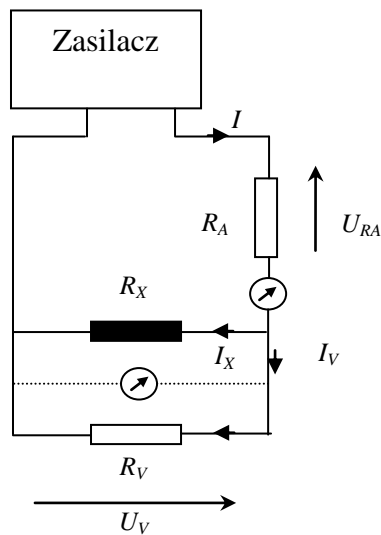
a więc zależność między natężeniem prądu i napięciem jest liniowa.

Użycie woltomierza i amperomierza nie wpływa na kształt charakterystyki prądowo- napięciowej, ale może być źródłem błędów 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:

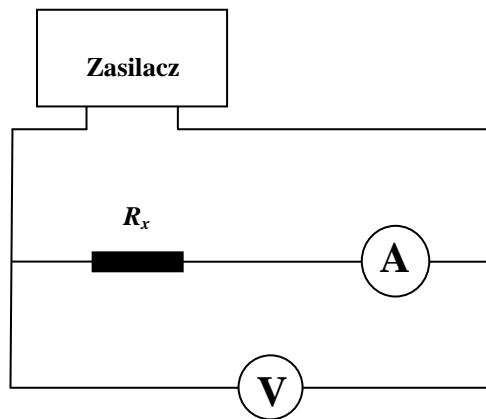
$$U_V = I_X R_X + I_X R_A = I_X R_X \left(1 + \frac{R_A}{R_X} \right), \quad (6)$$

stąd:

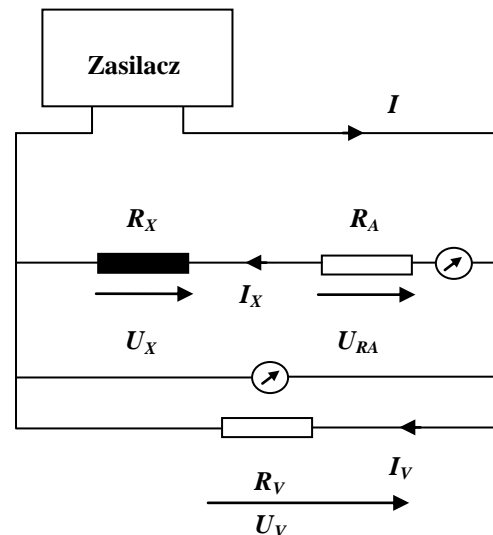
$$R_X = \frac{U_V - U_{RA}}{I_X} = \frac{U_V}{I_X} - R_A, \quad (7)$$

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:
 - a. Ustawić pokrętko zasilacza w położeniu minimalnego napięcia wyjściowego (w lewo do oporu), a pokrętko wydajności prądowej - o ile istnieje - w położeniu wartości maksymalnej.
 - b. Ustawić zakres woltomierza nie mniejszy niż 15 V , a amperomierza nie mniejszy niż 500 mA .
 - c. 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.
 - d. Przygotować tabelkę pomiarową i wykonać około 10 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.
 - e. 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):
 - a. 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).
 - b. Ustawić pokrętko zasilacza w położeniu minimalnego napięcia wyjściowego (w lewo do oporu), a pokrętko wydajności prądowej - o ile istnieje - w położeniu wartości maksymalnej.
 - c. Ustawić zakres woltomierza nie większy niż 1 V , a amperomierza nie mniej niż 200 mA .

- d. Włączyć zasilacz i ustawić na nim napięcie, przy którym napięcie badane (mierzone przy pomocy woltomierza) będzie równe ok. 0,1V. 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 wychylała się ponad połowę skali.

3. Opracowanie wyników

3.1 Opracowanie wyników uzyskanych dla rezystora (część 2.2)

- a. Wpisać zmierzone wartości napięcia i natężenia prądu 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 $y=U$, $x=I$, $b=R_x$.
- b. Wydrukować wykres z tabelą z parametrami dopasowania (na wykresie należy również umieścić nazwiska osób wykonujących ćwiczenie, numer zespołu i grupę).
- c. Odczytać z wyników dopasowania programu ORIGIN niepewność standardową $u_c(R_x)$ obliczaną metodą typu A.
- d. 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.
- e. Korzystając z prawa Ohma obliczyć dla wybranego pojedynczego pomiaru wartość rezystancji R_x i niepewność standardową złożoną (typu B) tej wartości uwzględniając niepewność wzorcowania i niepewność eksperymentatora. Zapisać poprawnie otrzymane wyniki.
- f. Dodać do siebie wartości niepewności obliczanych metodami typu A i B metodą przenoszenia niepewności.
- g. Obliczyć niepewność rozszerzoną i zapisać poprawnie wynik pomiarów.
- h. Sprawdzić korzystając z testu χ^2 , czy zbadana zależność jest zależnością liniową.

3.2 Opracowanie wyników uzyskanych dla diody (część 2.3)

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

W SPRAWOZDANIU MUSZĄ ZNALEŹĆ SIĘ NASTĘPUJĄCE PUNKTY:

1. Krótki opis metod (innych niż zastosowane w ćwiczeniu!) wyznaczania nieznannej rezystancji (kilka zdań o każdej z metod, ich zaletach i zakresie zastosowań, schemat połączeń).
2. Obliczenie R_x , $u_c(R_x)$ rezystancji dla pojedynczego pomiaru (każda osoba z zespołu wybiera **INNA** parę pomiarów z charakterystyki prądowo-napięciowej dla rezystora).
3. 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).
4. Wykres dla diody (jeśli wykonywane były pomiary).
5. Odpowiedź na pytania:
 - a. Do czego służy metoda najmniejszych kwadratów?
 - b. 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.)
 - c. 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!!!).