

## SPRAWDZANIE PRAWA OHMA I KIRCHHOFFA

Celem ćwiczenia jest przypomnienie podstawowych praw rządzących przepływem prądu stałego w obwodach elektrycznych – prawa Ohma i Kirchhoffa – oraz ich weryfikacja przez pomiary napięcia i natężenia prądu. Ważnym elementem ćwiczenia jest także nabycie umiejętności konstrukcji prostych układów elektrycznych oraz posługiwania się miernikami napięcia, oporności i natężenia prądu. Celem ćwiczenia od strony analizy danych jest prześledzenie, na przykładzie miernika elektrycznego, sposobu wyznaczania dopuszczalnego granicznego błędu wskazania, przeprowadzenie najprostszego testu statystycznego, jakim jest test  $3\sigma$  oraz sformułowanie i zastosowanie metody najmniejszych kwadratów w przypadku zależności liniowej.

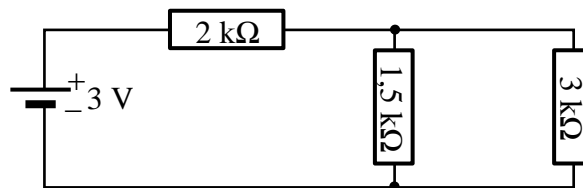
### WYMAGANIA TEORETYCZNE

- Prawa Ohma i Kirchhoffa,
- łączenie oporów i rozwiązywanie obwodów elektrycznych,
- włączanie do obwodu amperomierza i woltomierza.

### ZADANIE DOMOWE

*obowiązkowe przed przystąpieniem do wykonania pomiarów*

- a) Przypomnij sobie zasady dotyczące podłączania miernika przy pomiarze napięcia (woltomierz) i natężenia prądu (amperomierz) w obwodzie elektrycznym oraz sposoby obliczania oporności zastępczej układu.
- b) Oblicz opór zastępczy układu przedstawionego poniżej. Jakie natężenie prądu płynie przez opornik o oporze  $3\text{ k}\Omega$ ?



### INSTRUKCJA

#### Układ pomiarowy

Masz do dyspozycji:

- dwa mierniki uniwersalne Brymen 805;
- przewody z końcówkami;
- płytkę drukowaną, służącą do włączania elementów obwodu,
- oporniki o opornościach powyżej  $1\text{ k}\Omega$ ,
- zasilacz stałego napięcia.

#### Obsługa miernika uniwersalnego

**UWAGA** Wysłuchaj uwag asystenta na temat obsługi mierników, nim przystąpisz do wykonania pomiarów. Miernik Brymen, przy pomiarze oporności, napięcia i natężenia prądu, ma zarówno tryb ręczny jak i automatyczny wyboru zakresu. Wyboru zakresu dokonuje się przyciskiem RANGE. **Zalecamy stosowanie automatycznego trybu wyboru zakresu.** Podłączenie do obwodu miernika z nieodpowiednio wybranym zakresem może spowodować jego uszkodzenie.

W przypadku mierników cyfrowych bardzo często precyzja odczytu wartości zależy nie tylko od rozdzielczości (liczby znaczących miejsc na wyświetlaczu), ale również od wartości mierzonej. Dopuszczalny graniczny błąd wskazania ( $\Delta$ ) określany jest wówczas jako:

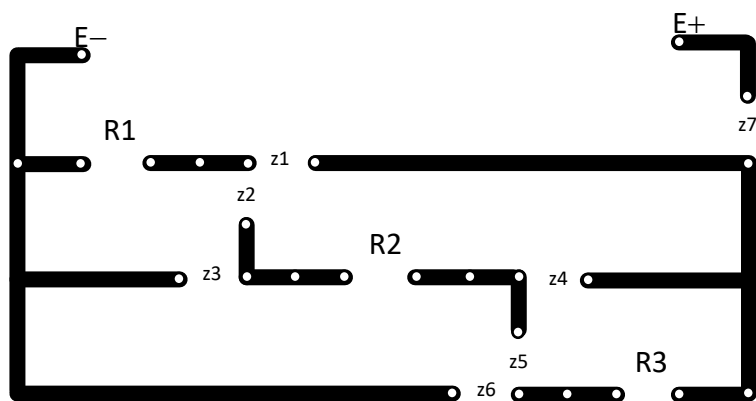
$$\Delta = \frac{w}{100}x + nc, \quad (1)$$

gdzie  $x$  jest wynikiem pomiaru,  $w$  jest dokładnością wskazanej wartości  $x$  wyrażającą procent zmierzonej wartości na wybranym zakresie pomiarowym, a  $nc$  jest dokładnością cyfrową określaną jako liczba  $n$  najmniej znaczących jednostek  $c$  odczytu.

Odpowiednie parametry pozwalające wyznaczyć dopuszczalny błąd wskazania dla miernika BRYMEN 805 zostały zawarte w Aneksie w Tabeli A1.

**UWAGA:** W trakcie wykonywania pomiarów notuj dokładnie **format** liczb, w jakim miernik wyświetla wartości (wraz z nieznaczącymi zerami), gdyż format ten definiuje zakres, na którym wykonano pomiar, a ten wyznacza dopuszczalny graniczny błąd wskazania.

Obwód drukowany służący do pomiarów, przedstawiony jest na Rysunku 1. Przerwy w obwodzie, zaznaczone jako R1, R2 oraz R3, to miejsca, gdzie można wpiąć oporności, zaś przerwy z1 do z7 służą do wpinania specjalnych zworek pozwalających uzyskać połączenia szeregowe lub równoległe tych oporów lub przyłączania mierników. Punkty E- oraz E+ to miejsce przyłączenia zasilania. **Na zasilaczu nie przekraczaj napięcia 20 V.**



Rysunek 1. Schemat płytki pomiarowej

Używając miernika uniwersalnego jako omomierza (tę część pomiarów potraktuj jako wprawkę w używaniu miernika):

- zmierz opór kilku przewodów o różnej długości i porównaj wynik z dokładnością stosowanego przyrządu;
- spróbuj zmierzyć opór swojego ciała, mierzony od jednej dłoni do drugiej; zwróć uwagę na fakt, że wskazania miernika zależą od siły, z jaką ściskasz końcówki przewodników; sprawdź, czy wilgotność palców wpływa na wynik pomiaru.

### Sprawdzanie prawa Ohma

Wybierz dowolny z oporników o kiloomowych wartościach oporności, odczytaj jaka jest jego nominalna oporność  $R_1$  i zweryfikuj to poprzez pomiar miernikiem.

**Uwaga praktyczna:** aby pomiar oporności opornika był wiarygodny, musi on być wykonywany na oporniku odłączonym od reszty układu, a w szczególności od wszelkich źródeł zasilania. W przeciwnym razie mierzysz oporność wypadkową podłączonej do niego równoległe całej reszty układu.

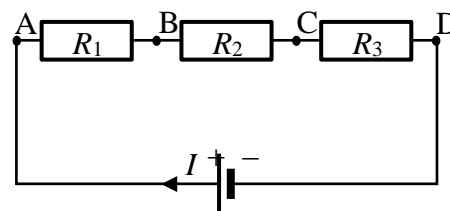
Zbuduj układ, w którym będzie można jednocześnie mierzyć napięcie  $U$  na tym oporniku i natężenie  $I$  płynącego przez niego prądu. Podłącz opornik do zasilacza jako źródła napięcia i wykonaj pomiary napięcia na oporniku oraz natężenia płynącego przez niego prądu dla różnych napięć zasilania.

**Uwaga praktyczna:** do dobrej praktyki należy przestrzeganie zasady: **czerwony kabel podłączamy zawsze do „gorącego” zacisku na zasilaczu.**

### Łączenie szeregowe oporników

Wybierz dwa dodatkowe oporniki i odczytaj ich nominalne oporności  $R_2$  i  $R_3$ . Odłącz źródło zasilania i uzupełnij układ o wybrane oporniki tak, aby powstał obwód jak na Rysunku 2 (połączenie szeregowe oporów). Zmierz miernikiem oporności  $R_2$  oraz  $R_3$  dodatkowych oporników oraz oporność  $R_{cs}$  całkowitą wszystkich oporników.

Podłącz zasilacz i zmierz miernikiem napięcia  $V_{AB}$ ,  $V_{BC}$ ,  $V_{CD}$  (patrz Rys. 2) na każdym z oporników oraz  $V_{AD}$  na wszystkich opornikach łącznie (pomiar między punktami A i D).



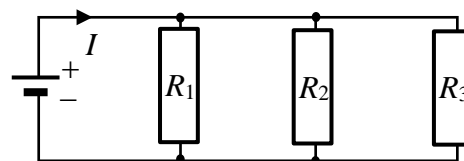
Rysunek 2. Schemat układu do łączenia szeregowego oporników

### Łączenie równoległe oporników

Zbuduj obwód z połączonych równoległe oporników  $R_1$ ,  $R_2$  oraz  $R_3$ , jak na Rysunku 3.

Przed podłączeniem zasilacza zmierz miernikiem jako omomierzem, oporność  $R_{cr}$  całkowitą wszystkich oporników.

Po podłączeniu zasilacza, zmierz miernikiem natężenie  $I_c$  prądu czerpanego ze źródła i natężenia  $I_1$ ,  $I_2$  oraz  $I_3$  prądów płynących w każdej gałęzi obwodu, aby sprawdzić zgodność wyników z pierwszym prawem Kirchhoffa. Zauważ, że w tym pomiarze musisz ręcznie wybrać zakres miernika ( $\mu\text{A}$  lub  $\text{mA}$ ). Pamiętaj o odnotowaniu tego zakresu.



Rysunek 3. Schemat układu do łączenia równoległego oporników

## RAPORT KOŃCOWY

Raport końcowy, przygotowany zgodnie z ogólnymi zasadami podanymi we wzorcu, powinien zawierać w części odnoszącej się do analizy danych i dyskusji:

1. porównanie wartości nominalnych użytych w doświadczeniu oporników z ich wartościami zmierzonymi (test  $3\sigma$ );
2. analizę charakterystyki prądowo-napięciowej na wybranym oporniku zawierającą:
  - propozycję modelu teoretycznego opisującego dane pomiarowe;
  - oszacowanie którą z wielkości można traktować jako niezależną;
  - dopasowanie wybranego modelu metodą najmniejszych kwadratów wraz z wyznaczeniem jego parametrów, ich niepewności i dyskusją reszt;
  - porównanie wartości oporności otrzymanej z bezpośredniego pomiaru oraz z wykonanego dopasowania;
  - sprawdzenie przy użyciu testu  $\chi^2$  Pearsona czy proponowany model może opisywać Twoje dane pomiarowe;
  - wykresem zależności między napięciem a natężeniem wraz z dopasowanym modelem;
3. analizę wyników pomiarów oporności i napięć w połączeniu szeregowym pod kątem ich zgodności z prawami Kirchhoffa (test  $3\sigma$ );
4. analizę wyników pomiarów oporności i natężeń prądu w połączeniu równoległym pod kątem ich zgodności z prawami Kirchhoffa (test  $3\sigma$ );

Nim przygotujesz raport, zaznajom się z uwagami zawartymi w [wymaganiach dotyczących raportu](#) zamieszczonymi na stronie pracowni. Absolutnie zalecane jest także świadome przyjrzenie się redakcji tekstu, a także tabel, rysunków i wzorów, sposobów ich numerowania, tytułowania i opisywania.

Przed oddaniem raportu sprawdź prawidłowość swoich obliczeń korzystając z aplikacji do testów dostępnej na stronie pracowni.

W raporcie zamieść wszystkie surowe wyniki pomiarów tak, aby sięgając jedynie do raportu i bez potrzeby odwoływania się do protokołu z doświadczenia można było wykonać pełną i niezależną analizę Twych danych.

## ANEKS

Parametry dokładności miernika BRYMEN 805 w temperaturze  $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , wilgotności względnej poniżej 75% zgodnie ze specyfikacją techniczną producenta.

Tabela A1 Dokładności miernika BRYMEN 805.

Zakres	Rozdzielczość	Procent wskazania	Liczba cyfr znaczących
	$c$	$w$ (%)	$nc$
Pomiar oporności			
400,0 $\Omega$	0,1 $\Omega$	0,8	6c
4,000 k $\Omega$	0,001 k $\Omega$	0,6	4c
40,00 k $\Omega$	0,01 k $\Omega$		
400,0 k $\Omega$	0,1 k $\Omega$		
4,000 M $\Omega$	0,001 M $\Omega$	1,0	
40,00 M $\Omega$	0,01 M $\Omega$	2,0	
pomiar napięcia stałego			
400,0 mV	0,1 mV	0,3	4c
4,000 V	0,001 V	0,5	3c
40,00 V	0,01 V		
pomiar natężenia prądu stałego			
400,0 $\mu\text{A}$	0,1 $\mu\text{A}$	2,0	5c
4000 $\mu\text{A}$	1 $\mu\text{A}$	1,2	3c
40,00 mA	0,01 mA	2,0	5c
400,0 mA	0,1 mA	1,2	3c