

# POMIAR PRĄDU STAŁEGO PRZYRZĄDAMI ANALOGOWYMI I CYFROWYMI

---

## Cel ćwiczenia

---

Celem ćwiczenia jest poznanie:

- parametrów typowych amperomierzy prądu stałego oraz z warunków poprawnej ich eksploatacji,
- metod obliczania i eliminowania błędów pomiarów, wynikających ze zmiany wartości mierzonej wskutek włączania przyrządu pomiarowego.

## Program ćwiczenia

---

### 1. Pomiar prądu w obwodach o różnej rezystancji.

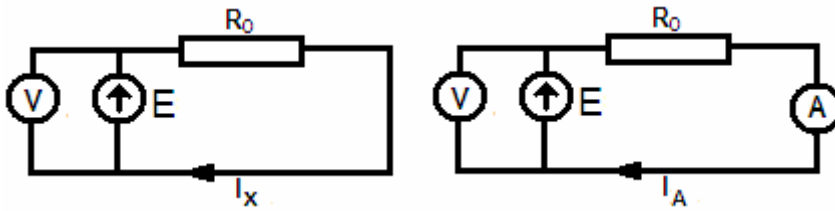
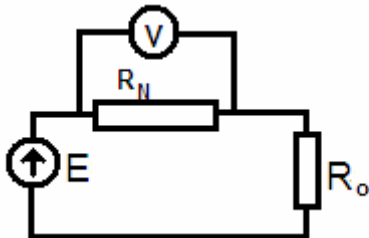
- 1.1 Dla kilku wartości rezystancji obwodu  $R_0$  (np.  $10\Omega$ ,  $50\Omega$ ,  $100\Omega$ ,  $500\Omega$ ,  $1000\Omega$ ,  $5000\Omega$ ,  $10000\Omega$ ) zmierzyć prąd w obwodzie (rys.1) kolejno amperomierzami będącymi na wyposażeniu stanowiska oraz pośrednio w układzie jak na rys. 2. Przy zmianie rezystancji obwodu należy zmienić napięcie źródła tak, aby w obwodzie płynął prąd o tej samej wartości, określonej na podstawie znajomości wartości  $E$  i  $R_0$ .
- 1.2 Dla każdego pomiaru określić przedział wartości, w którym znajduje się rzeczywista wartość prądu płynącego przez amperomierz ( $I_A \pm \Delta I_A$ ).
- 1.3 Sprawdzić czy wartości obliczone w pkt 1.2 nie są sprzeczne; jeśli są sprzeczne podać prawdopodobną przyczynę różnic oraz sposób sprawdzenia postawionej hipotezy uzasadniającej te rozbieżności.
- 1.4 Określić na podstawie dokumentacji amperomierza jego rezystancję wewnętrzną na poszczególnych zakresach pomiarowych, oraz błąd systematyczny każdego pomiaru. Podać możliwie najdokładniej wartość prądu płynącego w badanym obwodzie ( $I_{xzm}$ ).
- 1.5 Sprawdzić jaka jest relacja między wynikiem pomiaru  $I_{xzm}$  (poprawionym wynikiem  $I_A$ ), a wartością  $I_x$  obliczoną na podstawie znajomości wartości napięcia w obwodzie ( $E$ ) i rezystancji obwodu ( $R_0$ ).

### 2. Pomiar prądu w obwodach o takiej samej rezystancji.

- 2.1. Dla różnych wartości napięcia w obwodzie i tej samej wartości rezystancji obwodu (np.  $50\Omega$ ; lub  $100\Omega$ ) zmierzyć prąd w obwodzie kolejno amperomierzami będącymi na wyposażeniu stanowiska.
- 2.2. Dla każdego pomiaru określić przedział wartości, w którym znajduje się rzeczywista wartość prądu płynącego przez amperomierz ( $I_A \pm \Delta I_A$ ).
- 2.3. Sprawdzić czy wartości obliczone w pkt 2.2 nie są sprzeczne; jeśli są sprzeczne podać prawdopodobną przyczynę różnic .
- 2.4. Podać możliwie najdokładniej wartość prądu płynącego w badanym obwodzie.
- 2.5. Sprawdzić jaka jest relacja między wynikiem pomiaru  $I_{xzm}$  a wartością  $I_x$  obliczoną, na podstawie znajomości wartości napięcia w obwodzie ( $E$ ) i rezystancji obwodu ( $R_0$ ).

### 3. Pomiar prądu płynącego w wybranym układzie.

- 3.1 Zmierzyć wartość prądu płynącego w jednej z gałęzi obwodu –sieci oporników.

Rys.1 Obwód, w którym należy zmierzyć prąd  $I_X$  i obwód pomiarowy.

Rys. 2 Układ pomiarowy, w którym prąd mierzony jest pośrednio.

## Wprowadzenie

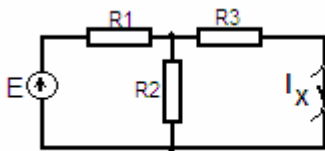
Pomiary natężenia prądu i napięcia w obwodach stałoprądowych należą do najczęściej spotykanych w praktyce pomiarowej. Amperomierze prądu stałego stanowią obok woltomierzy podstawowe wyposażenie laboratoriów. Zakresy typowych amperomierzy pozwalają na pomiary bezpośrednie prądów od pojedynczych miliamperów do kilku amperów.

Obwody, w których mierzone jest prąd, mogą mieć różną konfigurację i parametry, które pod wpływem włączenia przyrządu pomiarowego mogą ulec zmianie. Zmiana ta będzie tym mniejsza, im mniejsza jest moc pobierana przez przyrząd. Moc pobieraną przez amperomierz określa zależność

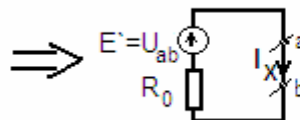
$$P = I_A^2 \cdot R_A$$

Zatem idealny amperomierz powinien mieć rezystancję  $R_A=0$ . Zmiana wartości mierzonej wskutek włączenia amperomierza do obwodu pomiarowego jest przyczyną błędu systematycznego metody. Określenie wartości tego błędu wymaga znajomości parametrów przyrządu i obwodu, w którym mierzony jest prąd.

Dowolny obwód prądu stałego, między punktami, na które włączamy przyrząd (punkty a i b), można przedstawić jako źródło napięcia  $E'$ , (o wartości napięcia odpowiadającej napięciu  $U_{ab}$  między punktami pomiarowymi), o rezystancji wewnętrznej  $R_0$ , (odpowiadającej rezystancji zastępczej tego układu między punktami pomiarowymi). Na przykład sieć z rys.3.a, w której należy zmierzyć prąd  $I_X$  ma schemat zastępczy jak na rys. 3.b,



Rys.3a Obwód prądu stałego



Rys.3b schemat zastępczy

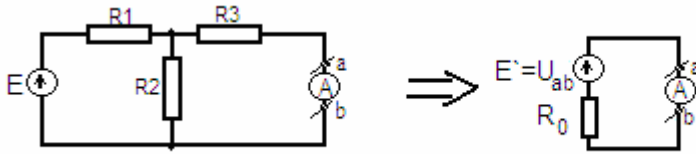
O parametrach określonych wzorami:

$$E' = U_{ab} = E \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3$$

$$I_X = \frac{E'}{R_0}$$

Amperomierz włączony na zaciski a i b wskazuje prąd  $I_A$  (rys. 4), który może się różnić od szukanej wartości  $I_X$ . Różnica między prądem wskazywanym przez amperomierz  $I_A$  a rzeczywistym prądem  $I_X$  zależy od rezystancji wewnętrznej amperomierza oraz rezystancji obwodu.



Rys.4 Obwód prądu stałego, w którym mierzony jest prąd płynący przez R3

$$I_A = \frac{E'}{R_0 + R_A}$$

$$\Delta_s I = I_A - I_X = -I_A \frac{R_A}{R_0}$$

Różnica ta wskazuje, że wynik pomiaru prądu amperomierzem obciążony jest systematycznym błędem metody, który jest tym mniejszy, im mniejsza jest rezystancja amperomierza w stosunku do rezystancji obwodu  $R_0$ .

Jeśli znamy parametry obwodu i amperomierza można uzyskany wynik pomiaru poprawić. Poprawienie wyniku jest konieczne jeśli błąd metody nie jest o rząd mniejszy od błędu granicznego woltomierza. Do oceny konieczności stosowania poprawki wygodne jest porównanie względnego błędu granicznego przyrządu ze względnym błędem systematycznym wyrażonym zależnością:

$$\delta_s I = -\frac{R_A}{R_0 + R_A} \cong -\frac{R_A}{R_0}$$

Jeśli błąd metody nie jest pomijalnie mały względem podstawowego przyrządu, należy wynik skorygować dodając do niego poprawkę równą bezwzględny systematyczny błędowi metody ze znakiem przeciwnym

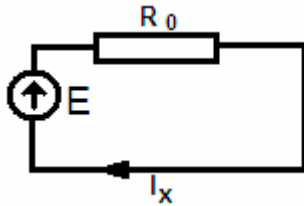
$$p = -\Delta_s I.$$

Niejednokrotnie wartości wielkości mierzonych, a także aparatura pomiarowa, którą dysponujemy, przemawiają za koniecznością pomiarów pośrednich prądu. Pomiar prądu jest często wykonywany metodą pośrednią w układzie jak na rys.2. Woltomierz, najczęściej cyfrowy, mierzy spadek napięcia na rezystorze wzorcowym, przez który płynie mierzony prąd. Wartość rezystancji wzorca  $R_N$ , powinna być jak najmniejsza, (ze względu na błąd metody) ale na tyle duża, aby błąd pomiaru napięcia wynikający z błędu granicznego woltomierza był możliwie mały.

### Zadania i pytania kontrolne.

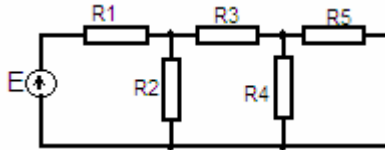
1. Objaśnić zasadę pomiaru prądu; zmianę zakresu, sposób określenia rezystancji wewnętrznej
  - amperomierza magnetoelektrycznego,
  - multimetru cyfrowego.
2. Jaką wartość wskaże amperomierz magnetoelektryczny włączony do obwodu, w którym płynie prąd  $i(t) = 10,0\text{mA} + 0,2\text{mA} \cdot \sin \omega t$  ( $\omega = 2\pi f$ ;  $f = 50\text{Hz}$ ?)

3. Podać przedział, w którym mieści się rzeczywista wartość prądu płynącego w obwodzie jak na rysunku 5, jeśli po włączeniu do tego obwodu amperomierza o zakresie 20mA, spadku napięcia 0,3V, błędnie podstawowym  $\pm(0,2\%$  wartości mierzonej +cyfry) odczytano z niego wskazanie 13,25mA.



Rys. 5 Parametry obwodu – E około 9V,  $R_0$  około 700  $\Omega$

4. Oszacować błąd metody pomiaru prądu, płynącego przez opornik  $R_3$  (rys.6), amperomierzem o rezystancji wewnętrznej 10 $\Omega$ .



Rys.6 Sieć oporników  $R_1=R_2=R_3=R_4=R_5=2k\Omega$

## Uwagi do wykonania ćwiczenia

Można przyjąć, że rezystancja wyjściowa zasilacza będącego na wyposażeniu stanowiska jest bliska zeru, czyli włączony do obwodu opornik dekadowy odpowiada rezystancji obwodu.

Ad. 1. Wartość prądu przy różnych rezystancjach nie musi być dokładnie taka sama, ale zbliżona.

Dla każdej wartości prądu  $I_x$  (w punkcie 1 dla każdej rezystancji obwodu  $R_0$  ; w punkcie 2 dla każdego napięcia E) zmierzyć prąd kolejno amperomierzem analogowym i cyfrowym. Dobrać poprawnie zakresy pomiarowe amperomierzy oraz powtórzyć pomiar na „najbliższym” zakresie. Sprawdzić czy wyniki tym samym amperomierzem na różnych zakresach są spójne (nie są sprzeczne).