

POMIAR NAPIĘCIA STAŁEGO PRZYRZĄDAMI ANALOGOWYMI I CYFROWYMI

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie:

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

Program ćwiczenia

1. Pomiar napięcia wyjściowego źródła o różnej rezystancji wewnętrznej.

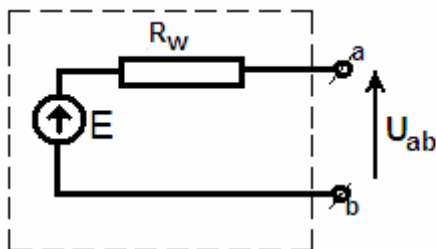
- 1.1. Utworzyć źródło napięcia o znanej rezystancji wewnętrznej z zasilacza napięciowego i opornika (rys.1)
- 1.2. Zmierzyć kolejno wszystkimi woltomierzami będącymi na wyposażeniu stanowiska napięcie źródła utworzonego w pkt 1.1. dla kilku wartości rezystancji wewnętrznej źródła (np. 10Ω , 50Ω , 100Ω , 500Ω , 1000Ω , 5000Ω , 10000Ω , 50000Ω)
- 1.3. Określić przedziały wartości, w których powinna się znaleźć rzeczywista wartość napięcia, jeśli wyniki pomiarów obarczone byłyby tylko niepewnością pochodzącą od błędów granicznych woltomierzy.
- 1.4. Sprawdzić czy wartości uzyskane w pkt 1.2 nie są sprzeczne; jeśli są sprzeczne podać prawdopodobną przyczynę różnic oraz sposób sprawdzenia postawionej hipotezy uzasadniającej te rozbieżności.
- 1.5. Podać wyniki pomiaru napięcia źródła każdym woltomierzem.

2. Pomiar współczynnika podziału napięcia dzielnika o rezystancji wejściowej $1k\Omega$. (rys2)

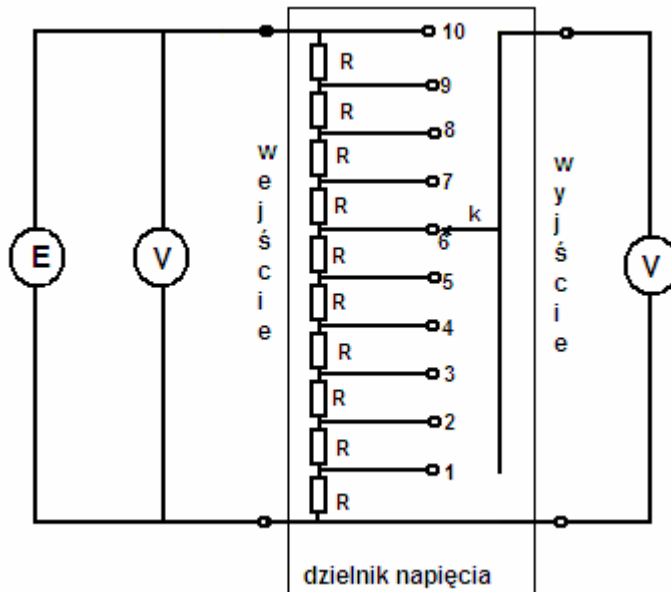
- 2.1. Dla dwu wartości nastaw przełącznika (np. 5; 10) zmierzyć napięcie wejściowe dzielnika woltomierzem analogowym, a wyjściowe woltomierzem cyfrowym.
- 2.2. Określić błędy pomiaru napięcia wejściowego i wyjściowego.
- 2.3. Obliczyć współczynnik podziału napięcia i podać błąd graniczny wyznaczonej wartości
- 2.4. Powtórzyć pomiary współczynnika podziału po zamianie miejscami woltomierzy
- 2.5. Porównać wyniki pomiaru.

3. Pomiar współczynnika podziału napięcia dzielnika o rezystancji wejściowej $1M\Omega$.

- 3.1. Pomiary i analizę wykonać analogicznie do punkt 2.1.-2.4
- 3.2. Podać wynik pomiaru współczynnika podziału napięcia.



rys. 1 Schemat zastępczy źródła napięcia,
E siła elektromotoryczna źródła,
 R_w rezystancja wewnętrzna źródła



Rys.2 Układ do pomiaru współczynnika podziału napięcia

Wprowadzenie

Pomiary natężenia prądu i napięcia w obwodach stałoprądowych należą do najczęściej spotykanych w praktyce pomiarowej. Woltomierze i amperomierze prądu stałego stanowią zatem podstawowe wyposażenie laboratoriów. Zakresy typowych przyrządów pozwalają na pomiary bezpośrednie prądów od pojedynczych miliamperów do kilku amperów oraz napięć od kilkudziesięciu miliwoltów do setek woltów.

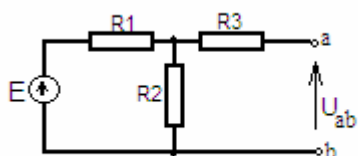
Obwody, w których mierzone jest napięcie, mogą mieć różną konfigurację i parametry, które pod wpływem włączenia przyrządu pomiarowego mogą ulec zmianie. Zmiana ta będzie tym mniejsza, im mniejsza jest moc pobierana przez przyrząd. Moc pobierana przez woltomierz wynosi:

$$P = U_V \cdot I_V = \frac{U_V^2}{R_V}$$

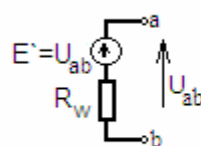
Zatem idealny woltomierz nie powinien pobierać prądu ($I_V=0$), czyli charakteryzować się „nieskończenie dużą” rezystancją. Skończona wartość rezystancji woltomierza jest powodem poboru mocy przez woltomierz z obwodu pomiarowego. Dołączenie woltomierza do obwodu może spowodować zmianę wartości napięć w obwodzie.

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_w (odpowiadającej rezystancji zastępczej tego układu między punktami pomiarowymi).

Na przykład sieć z rys.3.a, w której mierzone jest napięcie U_{ab} , ma schemat zastępczy jak na rys. 3.b,



rys. 3 a Obwód prądu stałego



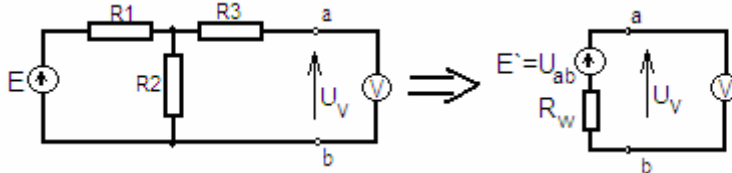
rys. 3 b Schemat zastępczy obwodu

O parametrach określonych wzorami:

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

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

Woltomierz włączony na zaciski a i b (rys.4) wskazuje napięcie U_V , które może się różnić od napięcia mierzonego U_x . Różnica między napięciem wskazywanym przez woltomierz U_V , a rzeczywistym napięciem U_x , zależy od prądu jaki pobiera z układu pomiarowego woltomierz oraz rezystancji wewnętrznej źródła.



Rys.4 Obwód, w którym mierzone napięcie na zaciskach ab

$$U_V - U_{ab} = -I R_w = -U_V \frac{R_w}{R_V}$$

Różnica ta wskazuje, że wynik pomiaru napięcia woltomierzem obarczony jest systematycznym błędem metody, który jest tym mniejszy, im większa jest rezystancja woltomierza w stosunku do rezystancji obwodu R_w .

Jeśli znamy parametry obwodu i woltomierza 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:

$$\delta_s U = -\frac{R_w}{R_V + R_w} \cong -\frac{R_w}{R_V}$$

Rozważając pomiary napięcia i prądów stałych przyrządami analogowymi lub cyfrowymi założono, że mierzony sygnał jest stały w czasie, tj. $U(t) = \text{const}$ oraz $i(t) = \text{const}$.

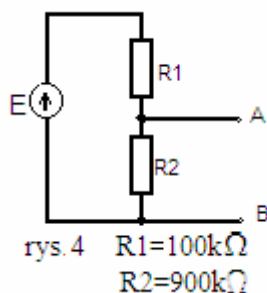
W rzeczywistości powyższe warunki nie zawsze są spełnione. Obwód mierzony może być zasilany ze źródła o niewysokim stopniu stabilizacji, bądź też może być podany wpływem zakłóceń mających swe źródło poza rozpatrywanym układem. Często sam przyrząd pomiarowy, zwłaszcza cyfrowy o dużej rezystancji wejściowej, może wprowadzać zakłócenia do obwodu mierzonego. Zakłócenia zewnętrzne mogą oddziaływać zarówno na obiekt pomiaru jak i na przewody połączeniowe. Podstawową przyczyną zakłóceń jest oddziaływanie sieci elektrycznej doprowadzającej do stanowisk pomiarowych energii niezbędnej do pracy urządzeń pomiarowych, wykonawczych, komputerów, oświetlenia, itp. Sprzężenie między źródłem mierzonym i obwodami wejściowymi woltomierza z jednej strony, a kablem energetycznym z drugiej, powoduje pojawienie się w mierzonym sygnale efektów pasożytniczych (zakłóceń), które są napięciem zmiennym o częstotliwości 50Hz lub jej wielokrotności. W woltomierzach cyfrowych całkujących, prawie całkowitą eliminację zakłóceń pochodzących od sieci energetycznej o częstotliwości 50Hz umożliwia zasada pomiaru i dobór czasu całkowania równy 20ms lub wielokrotności 20ms.

Jeśli zmiany w czasie są parametrem charakteryzującym napięcie mierzone i chcemy je poznać, to należy zastosować woltomierz reagujący na wartość chwilową, np. woltomierz kompensacyjny. Większość dostępnych przyrządów prądu stałego reaguje na wartość średnią (magnetoelektryczne, całkujące). Mogą być one stosowane w obwodach stałoprądowych lub w obwodach zmiennoprądowych do pomiaru składowej stałej.

Zadania i pytania kontrolne.

1. Objasnić zasadę pomiaru napięcia przyrządami:

- magnetoelektrycznymi,
 - cyfrowymi całkującymi,
 - cyfrowymi kompensacyjnymi.
2. Jaka co najmniej powinna być rezystancja woltomierza, aby błąd metody tym woltomierzem napięcia źródła o rezystancji wewnętrznej nie większej niż 300Ω nie przekraczał $0,05\%$?
3. Narysować schemat zastępczy obwodu (rys.4) na zaciskach AB w postaci źródła napięcia o napięciu U_{AB} i rezystancji wewnętrznej R_{AB} . Obliczyć wartości U_{AB} oraz R_{AB} .
4. Obliczyć błąd metody pomiaru napięcia U_{AB} w obwodzie jak na rysunku 4, jeśli pomiar wykonany zostanie woltomierzem cyfrowym o rezystancji $100M\Omega$.



5. Zmierzono napięcie U_x kolejno woltomierzem analogowym (magnetoelektrycznym) o zakresie $30V$ klasie $0,5$, „rezystancji charakterystycznej $1k\Omega/V$ ” oraz woltomierzem cyfrowym o zakresie $10V$; błędnie podstawowym $\pm 0,05\%$ wartości mierzonej ± 2 cyfry, rezystancji wewnętrznej $10M\Omega$. Woltomierz analogowy wskazał $8,55V$; a woltomierz cyfrowy $8,887V$.
- Podać niepewność względną i bezwzględną wskazań obu woltomierzy.
 - Czy wyniki pomiaru są sprzeczne? (uzasadnić odpowiedź).
 - Czy możemy przyjąć, że woltomierze poprawnie wskazały wartość napięcia U_x ? (uzasadnić odpowiedź).

Uwagi do wykonania ćwiczenia

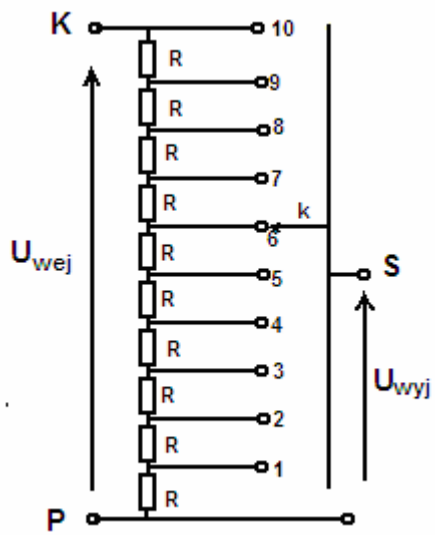
Ad 1. Można przyjąć, że rezystancja wyjściowa zasilacza będącego na wyposażeniu stanowiska jest bliska zeru, czyli połączenie szeregowe zasilacza z rezystorem tworzy źródło napięcia o rezystancji wewnętrznej równej wartości dołączonego rezystora. Jako rezystor imitujący rezystancję źródła zastosować opornik dekadowy.

Ad 2. Na stanowisku znajduje się albo podwójny dzielnik w jednej obudowie albo opornik dekadowy.

W jednej obudowie znajdują się dzielniki napięcia o rezystancji wejściowej $1k\Omega$ i $1M\Omega$. Jeśli na stanowisku znajduje się dzielnik w postaci pojedynczej dekady oporowej to napięcie wejściowe należy dołączyć do zacisków opisanych symbolami „P” i „K”, a napięcie wyjściowe „zbierać” z zacisków „P” i „S” (rys.5)

Napięcie wyjściowe przy takim podłączeniu odpowiada wartości

$$U_{wyj} = U_{wej} \frac{k \cdot R}{10R} = \frac{k}{10} U_{wej}$$



Rys.5. Schemat dekadry oporowej