

WYZNACZANIE SIŁY ELEKTROMOTORYCZNEJ METODĄ KOMPENSACYJNĄ

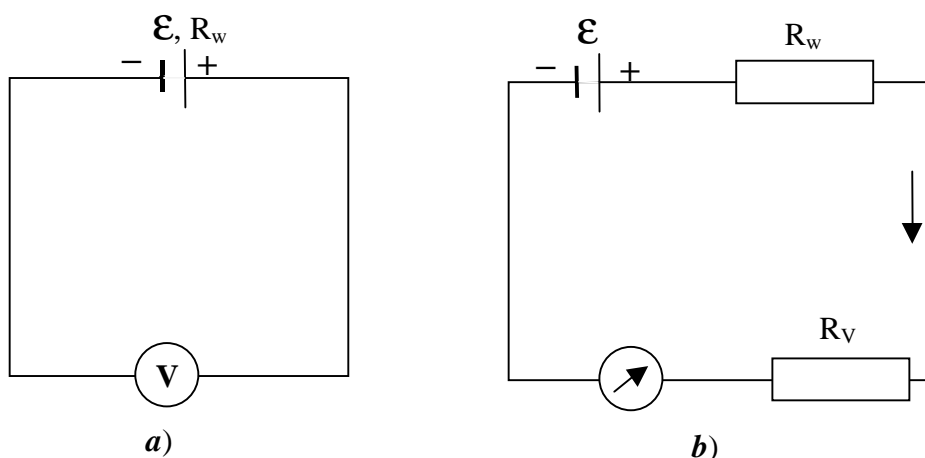
- I. Cel ćwiczenia:** wyznaczenie metodą kompensacji siły elektromotorycznej i oporu wewnętrznego kilku źródeł napięcia stałego.
- II. Przyrządy:** zasilacz stabilizowany, multimetr cyfrowy, mikroamperomierz analogowy z zerem pośrodku skali, ogniwo wzorcowe Westona, 10 – cio obrotowy potencjometr precyzyjny ze skalą, opornik dekadowy klasy 0,1, źródła badane.
- III. Literatura:** [1.] Szczeniowski, S., Fizyka doświadczalna, cz.III,
[2.] Podstawowe przyrządy elektryczne i elektroniczne-instrukcja I Pracowni Fizycznej.

IV. Wprowadzenie

IV.1 Pomiar siły elektromotorycznej (SEM).

Woltomierz o oporze wewnętrznym R_V , dołączony do biegunów źródła napięcia stałego o sile elektromotorycznej \mathcal{E} i oporze wewnętrznym R_w (rys.1 powinien, zgodnie z prawem Ohma dla obwodu zamkniętego $\mathcal{E} = I (R_w + R_V)$ wskazać napięcie):

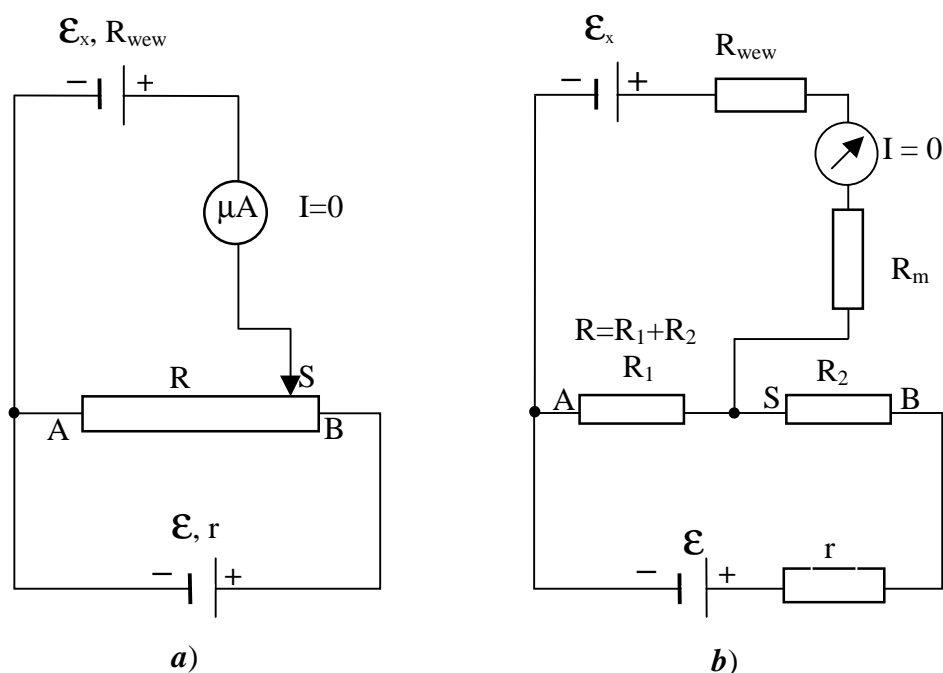
$$U = \mathcal{E} - I R_V = \frac{R_V}{R_w + R_V} \mathcal{E} \quad (1)$$



Rys.1 Woltomierz dołączony do biegunów źródła napięcia stałego (a) i zastępczy schemat elektryczny tego obwodu (b).

Ze wzoru (1) wynika wniosek, iż napięcie wskazywane przez woltomierz jest w przybliżeniu równe wartości SEM tylko wówczas, gdy $R_V \gg R_w$, natomiast dokładny pomiar SEM wymaga, aby natężenie prądu płynącego przez źródło było zerowe ($I = 0$).

Fakt ten stanowi podstawę idei metody kompensacyjnej, w której spadek potencjału na oporze włączonym równoległe do badanego źródła kompensuje SEM, co ilustruje rys .2



Rys.2 Idea metody kompensacyjnej: *a*) – układ pomiarowy z potencjometrem liniowym R, *b*) – elektryczny schemat zastępczy układu pomiarowego.

Jeżeli suwak S potencjometru R zostanie ustawiony w takim położeniu, iż czuły miernik nie wykazuje przepływu prądu przez badane źródło o SEM równej \mathcal{E}_x to

$$U_{AS} = I_p R_1 = \mathcal{E}_x \quad (2)$$

gdzie

$$I_p = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + r}$$

jest natężeniem prądu płynącego przez potencjometr. Oznaczając całkowity opór potencjometru przez $R = R_1 + R_2$ i zakładając, iż opór wewnętrzny źródła polaryzującego potencjometr jest równy zeru ($r = 0$) otrzymamy

$$\mathcal{E}_x = \frac{R_1}{R} \mathcal{E} \quad (3)$$

Jeśli potencjometr wykonany jest z jednorodnego drutu oporowego o długości l , polu przekroju poprzecznego S i oporze właściwym ρ , to oporność R_1 odcinka \overline{AS} opisana jest zależnością

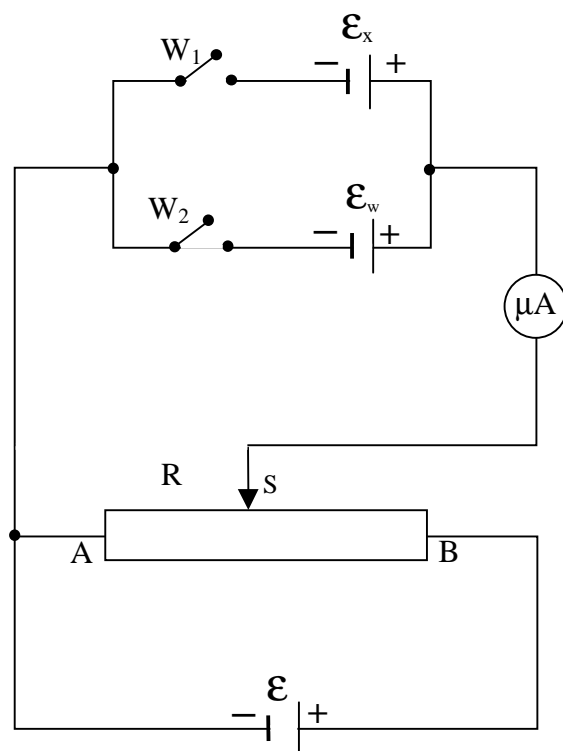
$$R_1 = \rho \frac{\overline{AS}}{S} = \rho \frac{l_1}{S} \quad (4)$$

co pozwala przedstawić wzór (3) w sposób następujący

$$\mathcal{E}_x = \frac{l_1}{l} \mathcal{E} \quad (5)$$

gdzie l jest całkowitą długością drutu oporowego w potencjometrze. Potencjometry precyzyjne wyposażone są w skale, z których można bezpośrednio odczytać l_1 i l w jednostkach wzajemnych (działkach skali) [2].

Wadą tej metody jest to, że źródła wzorcowe posiadają na ogół znaczny opór wewnętrzny, co nie pozwala na bezpośrednie skorzystanie ze wzoru (5). Dogodnie jest zatem zmodyfikować układ pomiarowy w sposób przedstawiony na rys. 3



Rys.3 Układ pomiarowy ze źródłem wzorcowym \mathcal{E}_w i dodatkowym źródłem polaryzującym potencjometr.

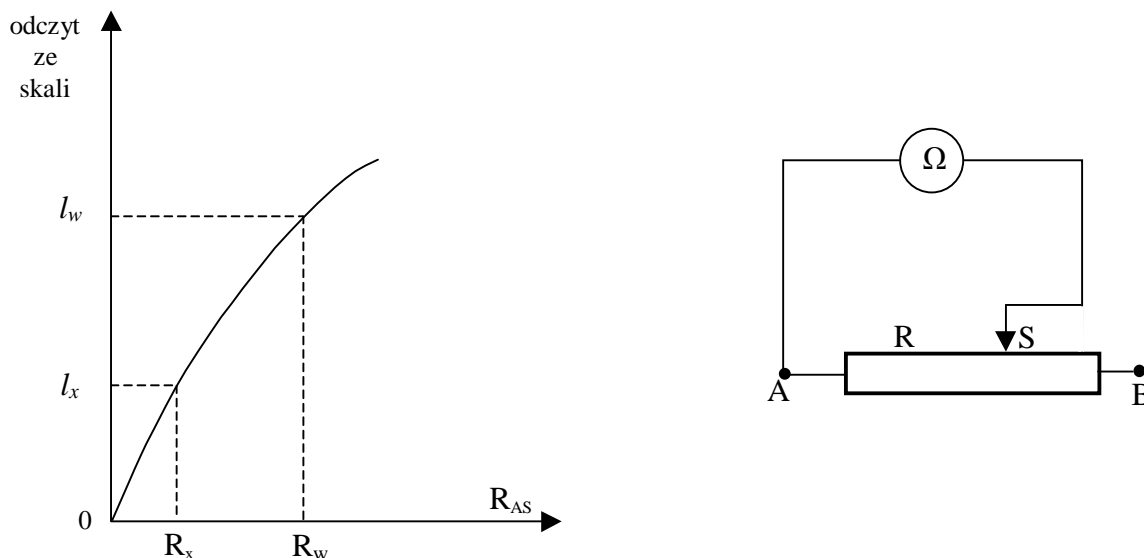
Mierząc SEM tą metodą należy oddzielnie dla każdego ze źródeł \mathcal{E}_x i \mathcal{E}_w wyznaczyć długość takiego odcinka \overline{AS} (lub też odczytać położenie skali l), przy którym przez dane źródło nie przepływa prąd elektryczny. Ponieważ przez potencjometr R przepływa w takim przypadku prąd elektryczny o natężeniu zależnym wyłącznie od całkowitej oporności potencjometru i parametrów źródła \mathcal{E} , to stosunek odpowiednich długości odcinka \overline{AS} lub, co na jedno wychodzi – stosunek liczb, odczytanych ze skali potencjometru liniowego, musi być równy stosunkowi sił elektromotorycznych obu źródeł. A zatem

$$\mathcal{E}_x = \frac{l_x}{l_w} \mathcal{E}_w \quad (6)$$

gdzie l_x i l_w są odczytami dla ogniwa badanego i wzorcowego.

Przed przystąpieniem do pomiarów SEM należy zbadać, czy pomiędzy skalą potencjometru, a oporem odcinka \overline{AS} istnieje zależność wprost proporcjonalna. Jeśli nie, to podczas pomiarów trzeba posłużyć się wykresem przyporządkowującym wartości oporu odcinka \overline{AS} liczbom ze skali, a do obliczenia wartości \mathcal{E}_x zastosować wzór (rys.4)

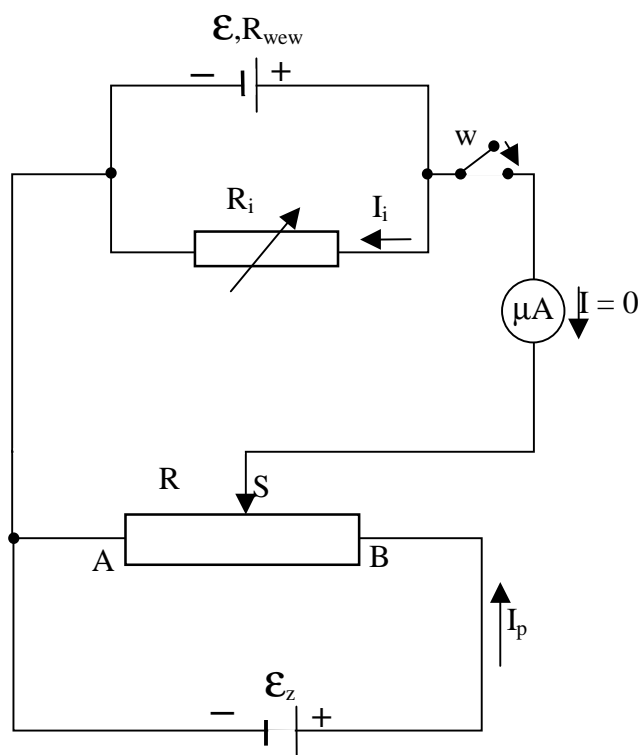
$$\mathcal{E}_x = \frac{R_x}{R_w} \mathcal{E}_w \quad (6a)$$



Rys.4 Krzywa skalowania potencjometru nieliniowego.

IV.2 Pomiar oporu wewnętrznego źródła SEM.

Schemat układu do wyznaczania oporu wewnętrznego źródła SEM przedstawione jest na rys.5



Rys.5 Układ do wyznaczania oporu wewnętrznego R_{wew} metodą kompensacyjną.

Równoległe do badanego źródła włączony jest w tym układzie opornik o oporze $R_1 = 20\Omega$. Należy tak jak poprzednio znaleźć takie położenie suwaka l_1 , aby mikroamperomierz nie

wskazywał przepływu prądu. Czynność tą powtarzamy dla innego oporu np. $R_2 = 30\Omega$. Ponieważ spadek potencjału na odcinku \overline{AS} równoważy w tych przypadkach spadek potencjału na oporniku włączonym równoległe do źródła to dla potencjometru liniowego możemy napisać

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{l_1}{l_2} = \frac{I_1 R_1}{I_2 R_2} \quad (7)$$

gdzie

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_{wew} + R_1} \quad \text{i} \quad I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_{wew} + R_2}$$

stąd wynika wzór

$$R_{wew} = \frac{1 - \frac{l_2}{l_1}}{\frac{l_2}{l_1} - \frac{R_2}{R_1}} R_2 \quad (8)$$

V. Pomiary

Przed przystąpieniem do pomiarów zwrócić uwagę na zalecenia zawarte w pkt.VII.

- 1) Wyznaczyć zależność oporności odcinka \overline{AS} potencjometru od wskazań skali potencjometru (multimetr pracujący jako omomierz włączyć tak jak pokazuje schemat z rysunku 4).
- 2) Zmierzyć woltomierzem analogowym, a następnie cyfrowym napięcie na biegunach źródła badanego.
- 3) Wyznaczyć wartość SEM metodą kompensacyjną stosując ogniwo Westona jako wzorzec SEM (\mathcal{E}_w) i zasilacz stabilizowany jako źródło polaryzujące potencjometr (\mathcal{E}). Napięcie wyjściowe zasilacza powinno być w przybliżeniu dwukrotnie większe od napięcia zmierzonego na biegunach źródła \mathcal{E}_x . Przed włączeniem źródła należy suwak potencjometru ustawić w położeniu środkowym (500 działek skali). Źródło badane i wzorcowe powinny być włączone tylko na czas wykonania pomiaru, przy czym należy dążyć do skrócenia tego czasu do absolutnego minimum.
- 4) Wyznaczyć wartość oporu wewnętrznego R_{wew} źródła.
- 5) Powtórzyć pomiary SEM i R_{wew} dla innych źródeł.

VI. Opracowanie wyników

- 1) Wykreślić zależność oporności odcinka \overline{AS} potencjometru od wskazań skali. Ocenić z uwzględnieniem dokładności pomiarów oporności czy otrzymana zależność jest zależnością wprost proporcjonalną (patrz rys 4).
- 2) Obliczyć wartości SEM ze wzoru (6) w przypadku zależności wprost proporcjonalnej lub wzoru (6a), gdy oporność odcinka \overline{AS} potencjometru nie jest proporcjonalna do odczytu ze skali.
Porównać wyniki z wynikami pomiarów bezpośrednich wykonanych woltomierzami. Ocenić dokładność obu metod.
- 3) Obliczyć wartość oporu wewnętrznego.
- 4) Przeprowadzić dyskusję wyników.

UWAGA! Siła elektromotoryczna ogniwa Westona wynosi $\mathcal{E}_w = 1,0183 \text{ V}$

Uwagi

- 1) Instrukcja [2] zawiera informację na temat potencjometrów, ogniwa Westona i zasilaczy stabilizowanych.
- 2) Potencjometr precyzyjny jest elementem stosunkowo podatnym na uszkodzenie mechaniczne i termiczne. Dlatego też obracając skalę potencjometru należy zastosować szczególną ostrożność podczas zbliżania się do jej krańców (0 i 1000 działek), aby nie uszkodzić ograniczników obrotu. Maksymalna moc strat cieplnych wynosi 1W – nie wolno zatem dopuszczać, aby przez potencjometr płynął prąd o zbyt dużym natężeniu.
- 3) **Należy pamiętać, iż dołączenie napięcia zewnętrznego do gniazd pomiarowych multimetru przełączonego na pracę omomierza grozi uszkodzeniem przyrządu.**