

PELP1 - wykład 9

Pomiary napięć stałych i oporów

dr inż. Łukasz Maślikowski

Instytut Systemów Elektronicznych
Politechnika Warszawska

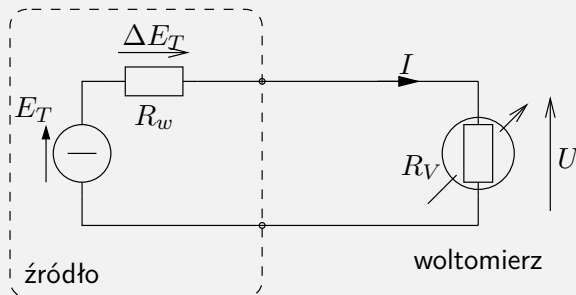
28 kwietnia 2021

Spis treści

1 Pomiar napięć stałych

2 Pomiar oporu

Bezpośredni pomiar SEM źródła rzeczywistego



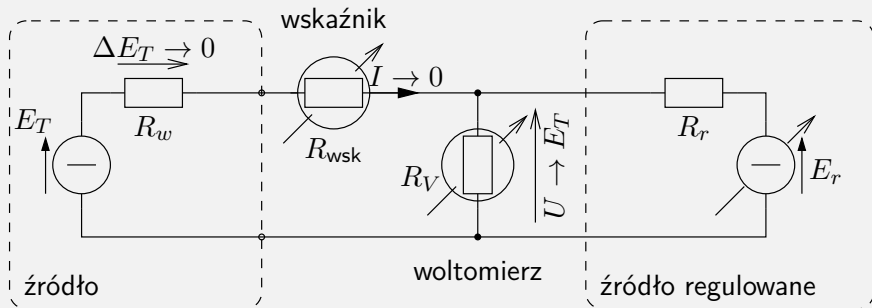
- Obciążenie źródła woltomierzem powoduje błąd systematyczny pomiaru napięcia E_T , zwany błędem metody pobrania
- $\Delta(E_T) \triangleq U - E_T = \Delta E_T = -IR_W$
- $\delta(E_T) = \frac{-IR_W}{I(R_W + R_V)} \quad (\approx -\frac{R_W}{R_V} \text{ dla } R_W \ll R_V)$
- składowe niepewności: U , R_W , R_V bo $E_T = U(1 + \frac{R_W}{R_V})$

Dobroć woltomierza

- **współczynnik dobroci** woltomierza κ to stosunek oporu wewnętrznego R_V do napięcia zakresowego V_{\max}
- miernik LM-3 ma współczynnik $\kappa = 1 \text{ k}\Omega/\text{V}$
- w miernikach elektromechanicznych zmiana zakresu pomiarowego polega na dodaniu do R_V szeregowego oporu R i powoduje zmianę oporu wewnętrznego na $R'_V = R_V + R$

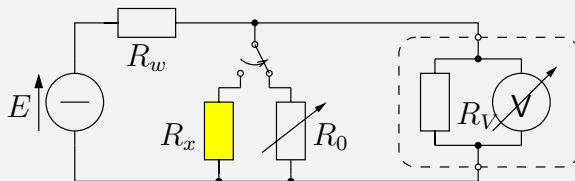
$$V_{\max} = V'_{\max} \frac{R_V}{R_V + R} = V'_{\max} \frac{R_V}{R'_V} \quad \Rightarrow \quad \frac{R'_V}{V'_{\max}} = \frac{R_V}{V_{\max}} = \kappa$$

Kompensacyjny pomiar SEM źródła rzeczywistego



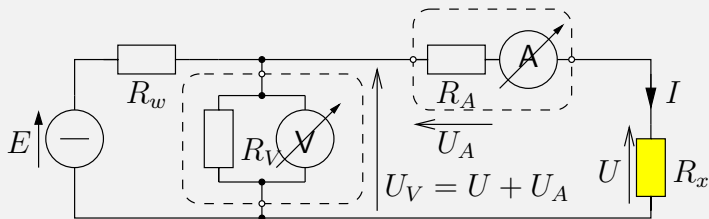
- wskaźnik zera to czuły woltomierz (amperomierz mógłby się zniszczyć)
- należy nastawić taką wartość E_r aby wskaźnik zera wskazał równowagę ($U_{wsk} \approx 0 \rightarrow I \approx 0$)
- gdy $I \approx 0$, spadki napięć na R_w i R_{wsk} są pomijalne i $U \approx E_T$
- składowe niepewności: U , nieczułość wskaźnika zera

Metoda podstawienia



- R_0 to precyzyjny opornik regulowany (dekadowy)
- obserwujemy wskazanie U woltomierza przy podłączonym oporze R_x
- **zamiast** R_x podłączamy opornik regulowany i ustawiamy taką wartość R_0 , aby wskazanie woltomierza również wynosiło U
- ani opory wewnętrzne źródła i woltomierza ani dokładność woltomierza nie mają wpływu na dokładność pomiaru R_x
- składowe niepewności: R_0 , zdolność rozdzielcza woltomierza

Metoda techniczna z poprawnym pomiarem prądu

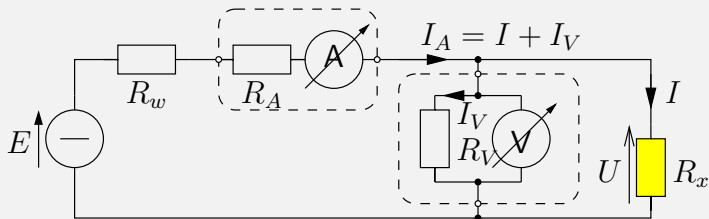


- powstaje **dodatni** systematyczny błąd pomiaru oporu:

$$R_M = \frac{U_V}{I} = \frac{U + U_A}{I} = R_x + R_A \Rightarrow \Delta(R_x) = R_M - R_x = R_A$$

- wymagana znajomość oporu amperomierza R_A
- błąd systematyczny względny $\delta(R_x) = \frac{R_A}{R_x}$ jest pomijalny gdy $R_A \ll R_x$
- składowe niepewności: U_V, I

Metoda techniczna z poprawnym pomiarem napięcia

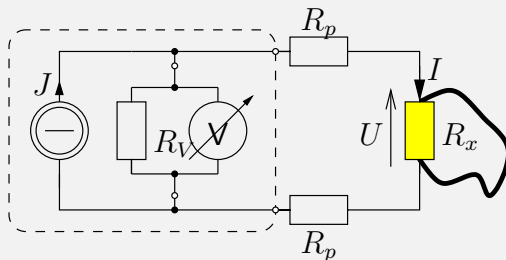


- powstaje **ujemny** systematyczny błąd pomiaru oporu:

$$G_M = \frac{I_A}{U} = \frac{I + I_V}{U} = G_x + G_V \Rightarrow \Delta(G_x) = G_M - G_x = G_V$$

- wymagana znajomość oporu woltomierza R_V
- błąd systematyczny względny $\delta(G_x) = \frac{G_V}{G_x} = \frac{R_x}{R_V}$ jest pomijalny gdy $G_V \ll G_x$, czyli $R_V \gg R_x$,
- składowe niepewności: I_A , U

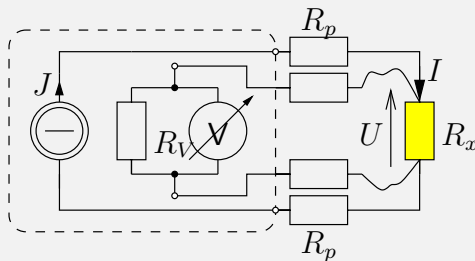
Omomierz cyfrowy - opory przewodów



- wymuszamy prąd i mierzymy napięcie
- korygujemy wpływ znanego oporu wewnętrznego woltomierza R_V

$$R_x = \frac{U}{I} = \frac{U}{J - U/R_V}$$
- dla małych oporów istotny jest problem oporu przewodów ($\approx 0,1 \Omega$)
- zwarcie przewodów i wciśnięcie NULL spowoduje pomiar i zapamiętanie poprawki, uwzględnianej w wynikach kolejnych pomiarów
- składowe niepewności: J , U_V

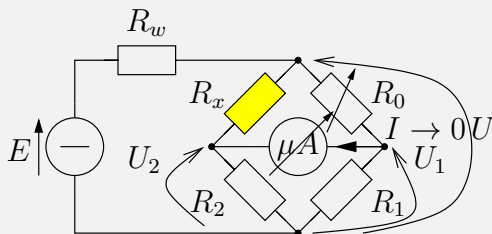
Omomierz cyfrowy - metoda czteroprzewodowa



- używamy dodatkowej pary przewodów
- jedną parą płynie cały prąd I i tam występują istotne spadki napięcia
- druga para podłączona jedynie do woltomierza i płynie nią znikomy prąd (ze względu na duży opór R_V)

Podobny sposób stosuje się w zasilaczach do dokładnej stabilizacji napięcia na zaciskach zasilanego obwodu.

mostek Wheatstone'a - metoda zerowa porównawcza



- mostek jest w stanie równowagi gdy $I = 0$ czyli $U_1 = U_2$
- wystąpi ona gdy w obu gałęziach stosunek podziału napięcia U dzielnikiem napięciowym jest taki sam

$$U_1 = U_2 \quad \Rightarrow \quad U \frac{R_2}{R_x + R_2} = U \frac{R_1}{R_0 + R_1} \quad \Rightarrow \quad R_x R_1 = R_0 R_2$$

- gdy ustawimy R_0 zapewniające równowagę, $R_x = \frac{R_0 R_2}{R_1}$
- składowe niepewności: R_0 , R_1 , R_2 , nieczułość wskaźnika zera