

Pomiary rezystancji w układach mostkowych prądu stałego

**Pomiary laboratoryjnym mostkiem Wheatstone'a (mostkiem zestawionym online z rezystorów nastawnych)**

Nr pom.	Ustawienia przy rezystancji ograniczenia (10x 1 Ω)/0,75A						Wyniki pomiarów w układzie mostka Wheatstone'a							
	R <sub>xt</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>3</sub> /R <sub>4</sub>	U <sub>zas</sub>	I <sub>zas</sub>	R <sub>2.1</sub>	U <sub>M</sub> (R <sub>2.1</sub> )	R <sub>2.2</sub>	U <sub>M</sub> (R <sub>2.2</sub> )	U	I <sub>A</sub>		
-	Ω	Ω	Ω	-	V	mA	Ω	μV	Ω	μV	V	mA		
1	31	1x 1	1x 1 000	0,001	2	30								
2		1x 10	1x 10 000			0,01	8							
3			1x 1 000	0,1			30							
4			1x 100			1	75							
5		1x 100		300										
6		1x 10	1x 10											
7	1,02 M	1x 1 000	1x 10	100	20	30								
8		1x 10 000	1x 100			8								
9														
10		10x 10 000	1x 1 000											
11	197	1x 10	1x 1 000	0,01	2	25								
12					20									
13														

## Pomiary rezystancji w układach mostkowych prądu stałego

Nr pom.	$R_{xt}$	Wyniki obliczeń dla mostka Wheatstone'a										
		$\Delta U_M (\Delta R_2)$	$R_{2.0}$	$R_x$	$I$	$S_{\Delta R_2} (0)$	$S_0$	$\Delta_n R_2 (1\mu V)$	$\delta_{nR_x}^{\%}$	$ \delta_{sgR_x}^{\%} $	$ \delta_{gR_x}^{\%} $	$ \Delta_g R_x $
-	$\Omega$	$\mu V$	$\Omega$	$\Omega$	mA	$\mu V/\Omega$	-	$\Omega$	%	%	%	$\Omega$
1												
2												
3												

$U_{zas}$  – ustalona wartość progu ograniczenia napięcia zasilającego układ mostka rezystancyjnego,

$I_{zas}$  – ustalona wartość progu ograniczenia prądu zasilającego układ mostka rezystancyjnego,

$U = U_{AB}$  – zmierzona wartość napięcia na przekątnej zasilania mostka w stanie jego równowagi,

$I_A$  - wartość prądu zasilającego mostek zmierzona w stanie jego równowagi,

$I$  – wartość prądu zasilającego mostek obliczona dla stanu jego równowagi,

$R_{xt}$  - wartość rezystancji podana przez producenta elementu lub wyznaczona metodą techniczną, czy też zmierzona multimetrem technicznym lub mostkiem technicznym o odczycie analogowym,

Zgodnie z ilustracją „Proces równoważenia mostka  $R_{DC}$ ” wyznacza się wartość rezystancji równoważącej  $R_{r.0} = R_{2.0}$  mostek rezystancyjny w stanie jego równowagi poprzez aproksymację charakterystyki równoważenia

$$U_M(R_r) = U_M(R_2).$$

Wartość rezystancji mierzonej mostkiem jest wyznaczona z warunku równowagi

$$R_x = k_{34} \cdot R_{2.0},$$

gdzie  $k_{34} = R_3/R_4$  jest współczynnikiem jako ilorazem wartości rezystancji dzielnika napięciowego.

Zmiana napięcia niezrównoważenia mostka o założonej wartości ok. 50-100 $\mu V$  lub powyżej wywołana zmianą rezystancji równoważącej  $R_2$  o wartość  $\Delta R_2 = (R_{2.2} - R_{2.1})$  w bezpośrednim otoczeniu jego stanu równowagi ( $R_{2.0}, 0$ )

$$\Delta U_M = \Delta U_M(\Delta R_2) = U_M(R_{2.2}) - U_M(R_{2.1}) = [U_M(R_{2.1} + \Delta R_2) - U_M(R_{2.1})].$$

## Pomiary rezystancji w układach mostkowych prądu stałego

Czułość napięciowa bezwzględna mostka w stanie jego równowagi ( $R_{2,0}, 0$ ) określona nachyleniem charakterystyki równoważenia

$$S_{\Delta R_2}(0) = \Delta U_M / \Delta R_2$$

jest wyrażona w  $\mu V/\Omega$ .

Czułość napięciowa względna mostka w stanie jego równowagi ( $R_{2,0}, 0$ )

$$S_0 = [\Delta U_M / U] / [(\Delta R_2 / R_{2,0})] = (R_{2,0} / U) \cdot S_{\Delta R_2}(0).$$

Zakładając progową, zauważalną i zarazem rozróżnialną zmianę napięcia niezrównoważenia  $U_M$  czyli wartość napięcia nieczułości  $\Delta_n U_M = 10 \cdot \Delta_r U_M = 1 \mu V$  przy użyciu cyfrowego wskaźnika zera o rozdzielczości  $\Delta_r U_M = 0,1 \mu V$  do pomiaru tego napięcia wyznacza się wartość bezwzględnej zmiany rezystancji równoważającej mostek

$$\Delta_n R_2 (1 \mu V) = [1 \mu V] / [S_{\Delta R_2}(0)]$$

wywołującej zmianę napięcia niezrównoważenia równą napięciu nieczułości  $\Delta_n U_M = 1 \mu V$ .

W badaniach mostka zakłada się liniowość czułości napięciowej

$$S_{\Delta R_2}(0) = \Delta U_M / \Delta R = \Delta_n U_M / \Delta_n R_2 = [1 \mu V] / [\Delta_n R_2 (1 \mu V)]$$

w bezpośrednim otoczeniu jego stanu równowagi ( $R_{2,0}, 0$ ).

wartości względnego błędu nieczułości mostka

$$\delta_{nR_x}^{\%} = \delta_{nR_2}^{\%} = [\Delta_n R_2] / [R_{2,0}] \cdot 100\% = [\Delta_n U_M / \Delta U_M] \cdot [(\Delta R_2 / R_{2,0})] \cdot 100\%$$

przy założonej wartości napięcia nieczułości  $\Delta_n U_M = 1 \mu V$ , zwykle jest wyrażona w %.

Przedział wartości względnego systematycznego granicznego błędu pomiaru rezystancji  $R_x$

$$\delta_{sgR_x}^{\%} = \pm (|\delta_{R_2}^{\%}| + |\delta_{R_3}^{\%}| + |\delta_{R_4}^{\%}|),$$

gdzie  $|\delta_{R_2}^{\%}|$ ,  $|\delta_{R_3}^{\%}|$ ,  $|\delta_{R_4}^{\%}|$  są wartościami względnymi błędów (tolerancji) wykonania rezystorów  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$ , zwykle wyrażonymi jako moduły w %.

Przedział wartości względnego granicznego błędu pomiaru rezystancji  $R_x$

$$\delta_{gR_x}^{\%} = \pm (|\delta_{sgR_x}^{\%}| + |\delta_{nR_x}^{\%}|),$$

zwykle wyrażonego w %.

W analizie błędów pomija się błąd nieczułości jeżeli jest on co najmniej 10-krotnie mniejszy niż błąd systematyczny graniczny

$$|\delta_{nR_x}^{\%}| < 0,1 \cdot |\delta_{sgR_x}^{\%}|.$$

Przedział wartości bezwzględnego granicznego błędu pomiaru rezystancji  $R_x$

$$\Delta_g R_x = \pm (|\delta_{gR_x}^{\%}| / 100\%) \cdot R_x = \pm |\Delta_g R_x|,$$

wyrażonego w  $\Omega$ , przy czym jego moduł

$$|\Delta_g R_x| = (|\delta_{gR_x}^{\%}| / 100\%) \cdot R_x.$$