

Ćwiczenie nr 11

Pomiar rezystancji mostkiem Wheatstone'a i Thomsona.

1. Cel ćwiczenia

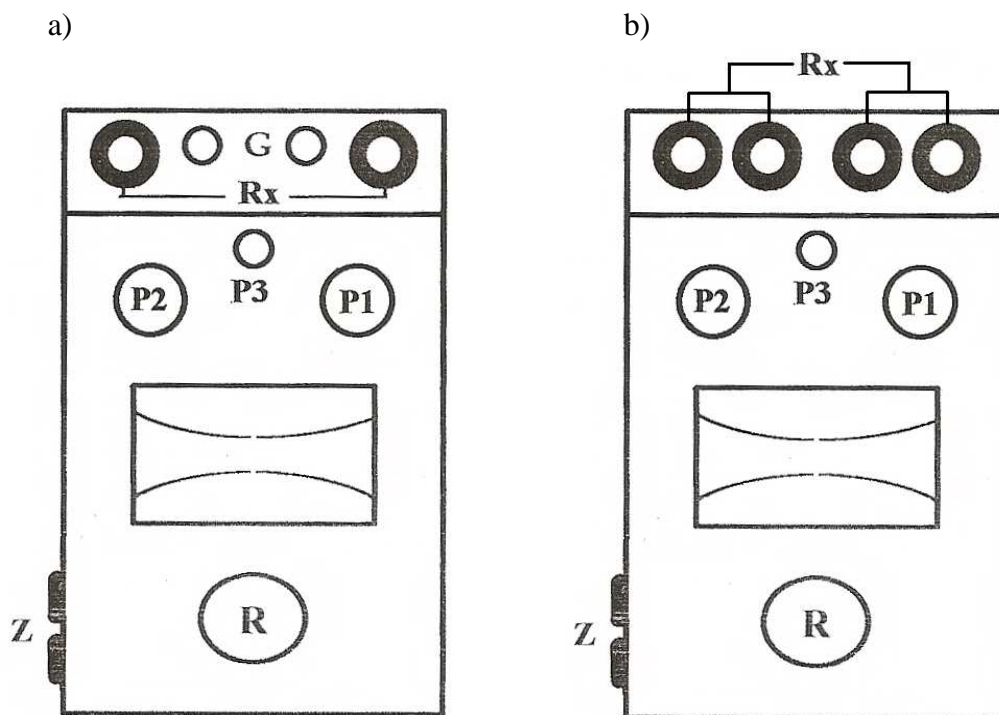
Celem ćwiczenia jest poznanie przeznaczenia, budowy i zasady działania mostka Wheatstone'a i mostka Thomsona oraz nabycie praktycznych umiejętności w posługiwaniu się nimi przy pomiarze rezystancji.

2. Dane znamionowe

Przed przystąpieniem do wykonywania ćwiczenia zapoznać się i odnotować w protokole dane znamionowe i zakresy pomiarowe.

3. Wprowadzenie

Mostek Wheatstone'a jest jednym z rodzajów elektrycznych mostków pomiarowych, służących do mierzenia średnich wartości rezystancji ($R > 0,1\Omega$). Przykładem jest tu popularny mostek typu MW-4.



Rys. 1. Widok płyty czołowej mostka Wheatstone'a (a) i mostka Thomsona (b).

Mostkiem tym można mierzyć rezystancje od $0,5\Omega$ do $500k\Omega$ z dokładnością 1% (2% na najniższym zakresie – mnożnik $\times 0,01$) zarówno przy zasilaniu mostka napięciem stałym jak i przemiennym. Przeznaczenie poszczególnych elementów zewnętrznego mostka jest następujące:

- Rx – zaciski do podłączenia mierzonej rezystancji,
- G – gniazda do podłączenia słuchawki, przy zasilaniu zewnętrznym napięciem przemiennym lub galwanometru, przy zasilaniu zewnętrznym napięciem stałym,
- Z – gniazda do podłączenia zewnętrznego zasilania,
- P1 – przełącznik mnożnika,
- P2 – przełącznik zasilania (czułości),
- P3 – przycisk pomiarowy,
- R – rezystor kompensacyjny.

UWAGA: w czasie nie korzystania z mostka, przełącznik P2 musi być ustawiony w pozycji 0,1Z (odłączenie zasilania wewnętrznego i zabezpieczenie galwanometru przed negatywnymi skutkami wciśnięcia przycisku P3 przy rozwartych zaciskach Rx).

Wykonywanie pomiarów mostkiem MW-4:

- a) do zacisków "Rx" podłączyć mierzoną rezystancję,
- b) przełącznik P2 ustawić w pozycji „0,1Z” (mała czułość),
- c) ustawić przełącznik P1 (mnożnik) na "x1" lub "x10",
- d) wcisnąć przycisk P3 (trzymać wciśnięty) i kręcąc pokrętką R, doprowadzić mostek do równowagi (wskazówka na "0" górnej skali), a w razie konieczności zmienić mnożnik w kierunku przewidywanej rezystancji,
- e) przełącznik P2 ustawić w pozycji "Z" (duża czułość) i pokrętką R doprowadzić delikatnie mostek do pełnej równowagi,
- f) po wykonaniu pomiaru przełącznik P2 ustawić w pozycji "0,1Z"
- g) wynik pomiaru otrzymujemy mnożąc odczytaną z dolnej (ruchomej) skali wartość przez ustawiony mnożnik (P1).

Przy zasilaniu mostka z zewnętrznego źródła napięcia, wyjąć wewnętrzną baterię i zasilanie przyłączyć do gniazd "Z". Mostek można również zasilić napięciem przemiennym o częstotliwości 800Hz. W takim przypadku do gniazd "G" należy przyłączyć słuchawkę o dużej impedancji, co w stopniu znaczącym poprawia czułość mostka, a przełączniki P2 ustawić w pozycji „~”.

Możliwości pomiarowe mostka MW-4 przedstawiają się następująco:

MNOŻNIK	ZAKRES POMIARÓW	UCHYB W [%]		U _{max} [V]
		„—”	„~”	
0,01	0,5-5 Ω	2	2	4,5
0,1	5-50 Ω	1	1	4,5
1	50-500 Ω	1	1	6
10	0,5-5 kΩ	1	1	12
100	5-50 kΩ	1	1	60
1000	50-500 kΩ	1	--	250

Jak widać z powyższej tabeli, pomiary rezystancji $R \geq 50 \Omega$ wymagają zasilenia mostka napięciem wyższym niż napięcie wewnętrznego źródła zasilania, aby zmieścić się w uchybie pomiaru, równym uchybowi mostka. W przypadku korzystania z wewnętrznego źródła zasilania, pomiar ma charakter bardziej orientacyjny, gdyż uchyb pomiaru przekracza uchyb mostka. Najbardziej precyzyjne i dokładne wyniki uzyskuje się przy zasilaniu mostka zewnętrznym napięciem przemiennym o częstotliwości 800Hz i wykorzystaniu jako

wskaźnika równowagi słuchawki o impedancji 2kΩ (czułość ucha jest znacznie większa niż oka).

Badane elementy rezystancyjne charakteryzują się dwoma zasadniczymi parametrami: rezystancją znamionową R_n i tolerancją rezystancji. Powszechnie dostępne mają tolerancje od 20% do 2%. Elementy o tolerancji 1% i mniej należą do elementów precyzyjnych i nie są praktycznie dostępne na wolnym rynku. Poza tym ich rezystancja znamionowa zależy od bardzo wielu innych czynników zewnętrznych jak np. temperatura, przyłożone napięcie, przeciążenie prądowe i mocowe (nawet krótkotrwałe) itp. Trzeba więc mieć na uwadze, że badanie mostkiem MW-4 elementów rezystancyjnych o tolerancji 1% i mniej będzie miało charakter wyłącznie orientacyjno-porównawczy.

Niezależnie od parametrów przyrządu pomiarowego, każdy pomiar jest obarczony pewną niedokładnością, tzw. błędem pomiaru, który może być wyrażony w jednostkach wielkości mierzonej (błąd bezwzględny) lub w procentach (błąd względny).

Błąd bezwzględny (ΔR) pomiaru, wyrażony w jednostkach wielkości mierzonej, jest to różnica między wartością zmierzoną (np. R_x) i rzeczywistą (np. R_n). Może być on zarówno dodatni jak i ujemny:

$$\Delta R = R_x - R_n$$

Stosunek błędu bezwzględnego (ΔR) do wartości rzeczywistej (R_n) wielkości mierzonej stanowi błąd względny (δR) pomiaru, wyrażany w procentach [%] (wartość bezwzględna):

$$\delta R = \frac{\Delta R}{R_n} \cdot 100\%$$

4. Wykaz elementów i przyrządów

- 1) Mostek Wheatstone'a
- 2) Mostek Thomsona
- 3) Rezystory
- 4) Przewody elektryczne

5. Tabela wyników pomiarów

Przed rozpoczęciem pomiarów sprawdzić, czy przełącznik P2 znajduje się w pozycji „0,1Z”. Po każdym pomiarze ustawić przełącznik P2 w pozycji „0,1Z”. W przypadku korzystania z zewnętrznego zasilania, wyjąć baterię z pojemnika. Wykonać 10 pomiarów mostkiem Wheatstone'a i 10 pomiarów mostkiem Thomsona.

Do określenia rezystancji znamionowej przewodu elektrycznego należy wykorzystać następujący wzór:

$$R = \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{\rho \cdot l}{S} \quad [\Omega]$$

gdzie:

- l – długość przewodu wyrażona w [m] lub [mm],
- S – przekrój poprzeczny przewodu wyrażony w [m²] lub [mm²]
- γ – konduktywność materiału, z którego wykonano przewód wyrażona w [S/m] lub [m/($\Omega \cdot \text{mm}^2$)]
- ρ – rezystywność materiału, z którego wykonano przewód wyrażona w [Ω/m] lub [($\Omega \cdot \text{mm}^2$)/m]

Wyniki pomiarów zestawień w poniższej tabeli.

Rodzaj mostka	Lp.	R_x [Ω]	R_n [Ω]	ΔR [Ω]	δR [%]	UWAGI
Mostek Wheatstone'a	1.					
	2.					
	3.					
	4.					
	5.					
	6.					
	7.					
	8.					
	9.					
	10.					
Mostek Thomsona	1.					
	2.					
	3.					
	4.					
	5.					
	6.					
	7.					
	8.					
	9.					
	10.					

gdzie:

R_x – rezystancja zmierzona,

R_n – rezystancja znamionowa rezystora (odczytana z opisu lub tabliczki znamionowej rezystora) lub przewodu elektrycznego (obliczone z wyżej podanego wzoru),

ΔR – błąd bezwzględny pomiaru rezystancji,

δR – błąd względny pomiaru rezystancji.