Raport z wykonania ćwiczenia 33: "Wyznaczanie małych oporów metodą porównania"

Piotr Sybilski (918)

11 listopada 2004

1 Cel ćwiczenia

Ćwiczenie 33 ma na celu wyznaczenie wartości rezystancji dziesięciu, małych, nieznanych oporów. Do ich wyznaczenia posłużą trzy różne metody, o różnej dokładności. Innym ważnym celem eksperymentu jest zapoznanie się z różnymi praktycznymi technikami wyznaczania oporności.

2 Opis wykonania pomiarów

Eksperyment rozpoczęto od przygotowania aparatury pomiarowej i stanowiska. Wraz z opiekunem uzgodniliśmy (eksperymentatorzy) przebieg pomiarów, różniący się w kilku punktach ze standardowym opisem ćwiczenia. Pierwsza seria pomiarów została przeprowadzona na płycie montażowej (jej schematyczny model znajduje się w opisie ćwiczenia) dla stałej i ustalonej na 50 Ω wartości R_z, czyli oporu znanego. Błąd opornika dekadowego, przy pomocy którego uzyskaliśmy R_z, ustaliśmy w oparciu o klasę urządzenia (0.1) na:

$$\Delta R_z = \frac{klasa\ miernika}{100\%} * \overline{R_z} \tag{1}$$

gdzie $\overline{R_z}$, to wartość ustalona na oporniku dekadowym.
Błąd systematyczny dla woltomierza wynosił $\Delta U = 0.001[V]$. Ustawienie stałego napięcia w obwodzie na źródle, zostało wykonane z błędem maksymalnym wynoszącym $\Delta\varepsilon = 1[V]$. Jednak w trakcie pomiarów istotna była stałość napięcia w obwodzie, a nie stałe odchylenie od zakładanych 3 V. Uzyskane w pierwszej metodzie, serii wyniki zawiera Tablica 1 (gdzie U_y oznacza napięcie dla nieznanego, badanego opornika).

Po wykonaniu powyższych pomiarów (połowę pomiarów wykonał jeden z eksperymentatorów, a pozostałe drugi z badających) przystąpiliśmy do wyznaczania oporności drugą metodą. Polega ona na takim dobraniu wartości R_z,

nr opornika	U_y $[V]$	U_z $[V]$
1	0.125	0.624
2	0.252	0.576
3	0.981	0.447
4	0.255	0.554
5	0.548	0.477
6	0.734	0.489
7	0.149	0.615
8	0.929	0.456
9	0.458	0.556
10	0.183	0.612

Tablica 1: Wyniki pomiarów uzyskanych metodą 1

aby napięcie mierzone przez woltomierz w obu położeniach przełącznika W (za opisem ćwiczenia) było takie samo. Zgodnie z założeniami, w takiej sytuacji, opór nieznany i znany powinny mieć podobną wartość. Uzyskane dla tej metody wyniki znajdują się w Tablicy 2.

nr opornika	U_y $[V]$	U_z $[V]$	R_z $[\Omega]$
1	0.150	0.149	10
2	0.295	0.294	22
3	0.838	0.841	110
4	0.376	0.373	30
5	0.488	0.482	43
6	0.687	0.687	75
7	0.176	0.174	12
8	0.811	0.810	102
9	0.472	0.469	41
10	0.211	0.213	15

Tablica 2: Wyniki pomiarów uzyskanych metodą 2

W trakcie wykonywania eksperymentu nie natrafiliśmy na żadne istotne problemy, kłopoty, które wpłynęłyby na przebieg badania lub jego wynik. (Zwróciliśmy specjalną uwagę na błąd paralaksy w trakcie wykonywania pomiarów metodą 3.)

Ostatni etap doświadczenia to zmierzenie wartości dziesięciu oporników, na specjalistycznym urządzeniu, opartym na zasadzie mostka Wheatstone'a. Błąd maksymalny dla tej aparatury jest niezwykle mały i wynosi tylko $\Delta R_w = 0.001[\Omega]$. Gdzie R_w oznacza oporność zmierzoną przez "mostek Wheatstone'a". Uzyskane wyniki ilustruje Tablica 3.

nr opornika	R_w [Ω]
1	10.067
2	22.090
3	109.638
4	30.262
5	43.501
6	75.015
7	12.128
8	101.978
9	41.242
10	14.968

Tablica 3: Wyniki pomiarów uzyskanych metodą 3

3 Opracowanie wyników

3.1 Metoda 1

Wyznaczenie nieznanego oporu w tej metodzie opiera się na wzorze wynikającym z faktu, iż jest to połączenie szeregowe (jednakowe natężenie):

$$R_y = R_z \frac{U_y}{U_z} \tag{2}$$

Na tej bazie, korzystając z metody pochodnej logarytmicznej wyznaczam wartość zmierzoną oraz błąd maksymalny (gdzie $\overline{R_y}$ to wartość wyznaczona z powyższego wzoru):

$$\Delta R_y = \overline{R_y} * \left(\left| \frac{\Delta R_z}{\overline{R_z}} \right| + \left| \frac{\Delta U_y}{\overline{U_y}} \right| + \left| \frac{\Delta U_z}{\overline{U_z}} \right| \right) \tag{3}$$

Wykorzystując wzór (1), (2) oraz (3) tworzę Tablicę 4 na bazie wyrażenia:

$$x = (\overline{x} \pm \Delta x)[jednostka] \tag{4}$$

Stosując standardowe metody zaokrąglania błędów oraz wartości mierzonych otrzymuję Tablicę 5.

3.2 Metoda 2

Ta metoda różni się od poprzedniej, przy opracowywaniu pomiarów, jedynie zmienną wartością oporu R_z. Jest to istotne w trakcie obliczania błędu dla opornicy dekadowej. Pod względem teoretycznym pomiary te powinny być bliższe rzeczywistej rezystancji, gdyż przybliżenie teoretyczne dotyczące włączania w obwód woltomierza będzie miało mniejsze znaczenie. Teoretycznie przez woltomierz

nr opornika	R_y [Ω]	ΔR_y [Ω]
1	10.01602564	0.106195554
2	21.875	0.146657986
3	109.7315436	0.467072805
4	23.01444043	0.154809459
5	57.44234801	0.282688361
6	75.05112474	0.330779396
7	12.11382114	0.113111904
8	101.8640351	0.4348992
9	41.18705036	0.205192537
10	14.95098039	0.121080033

Tablica 4: Wstępne wyniki z metody 1

nr opornika	R_y [Ω]	ΔR_y [Ω]
1	10,02	0,11
2	21,88	0,15
3	109,7	0,5
4	23,01	0,16
5	57,4	0,3
6	75,05	0,34
7	12,11	0,12
8	101,86	0,44
9	41,19	0,21
10	14,95	0,13

Tablica 5: Ostateczne wyniki z metody 1

nie powinien płynąć żaden prąd, w rzeczywistości jednak nie otrzymalibyśmy w takim wypadku żadnego odczytu. Dlatego też oporność woltomierza powinna być bardzo duża w porównaniu do mierzonych oporów.

Na tej samej bazie otrzymuję Tablicę 6, zawierającą wyniki przed zaokrągleniem. Po zaokrągleniu Tablica 7.

nr opornika	R_y [Ω]	ΔR_y [Ω]
1	10,06711409	0,144745732
2	22,07482993	0,171989217
3	109,60761	0,370734376
4	30,24128686	0,191746077
5	43,53526971	0,223069024
6	75	0,293340611
7	12,13793103	0,150861673
8	102,1259259	0,354133242
9	41,26226013	0,216661535
10	14,85915493	0,155042981

Tablica 6: Wstępne wyniki z metody 2

nr opornika	R_y [Ω]	ΔR_y [Ω]
1	10,07	0,15
2	22,07	0,18
3	109,6	0,4
4	30,2	0,2
5	43,54	0,23
6	75,0	0,3
7	12,14	0,16
8	102,13	0,36
9	41,26	0,22
10	14,86	0,16

Tablica 7: Ostateczne wyniki z metody 2

3.3 Metoda 3

W tej metodzie cały proces opracowania pomiarów polega na zestawieniu odczytanych wyników w Tablicy 8.

3.4 Wnioski i porównanie

Metoda trzecia jest metodą najbardziej precyzyjną, obarczoną najmniejszym błędem i w kontekście tego eksperymentu może zostać uznana za metodę porów-

nr opornika	R_y [Ω]	ΔR_y [Ω]
1	10,067	0,001
2	22,090	0,001
3	109,638	0,001
4	30,262	0,001
5	43,501	0,001
6	75,085	0,001
7	12,128	0,001
8	101,978	0,001
9	41,242	0,001
10	14,968	0,001

Tablica 8: Ostateczne wyniki z metody 3

nawczą i określającą zgodność wyników otrzymanych metodą 1 i 2 z rzeczywistością. Sprawdzenie zgodności wyników z poszczególnych metod będzie się opierało na sprawdzeniu nierówności:

$$\Delta x + \Delta y - |x - y| \geq 0 \tag{5}$$

Jeżeli jest ona spełniona dla danej pary, to wyniki dla x i y są ze sobą zgodne, w przeciwnym razie nie. Tablica 9 zawiera właśnie takie porównanie, sprawdzenie dla metody 1 i 3. Lewa strona nierówności jest nazwana tutaj ódległością". Jak widać, aż trzy wyniki uzyskane metodą 1 są niezgodne z wynikami

nr opornika	**odległość** [Ω]	**zgodne [tak/nie]**
1	0,064	tak
2	-0,059	nie
3	0,439	tak
4	-7,091	nie
5	-13,598	nie
6	0,306	tak
7	0,103	tak
8	0,323	tak
9	0,159	tak
10	0,113	tak

Tablica 9: Porównanie wyników metody 1 z 3

metody 3. Nie można tego powiązać z błędem eksperymentatora, gdyż błędy te są rozrzucone przypadkowo i wystąpiły w pomiarach dokonanych przez jednego jak i drugiego badającego. Odrzucić należy także hipotezę niedokładnych połączeń, połamanych kabli doprowadzających itp. wszystkie takie problemy powinny być uwidocznione znacznymi wahaniami wskazań przyrządów. Nic takiego nie zostało

zaobserwowane, nawet wtedy gdy było to umyślne działanie mające wykazać takie błędy (dociśnięcie zacisków, inne ułożenie kabli itd.). Nasuwa się jedyny logiczny wniosek dotyczący zbyt grubych przybliżeń teoretycznych, które pomijają błędy doprowadzeń, błędy dodatkowego przepływu prądu przez woltomierz, możliwość niedokładnego spełniania prawa Ohm'a przez dane oporniki w danym zakresie napięciowym oraz nie do końca stabilne źródło. Jednak potwierdzenie tego uzyskujemy dopiero po przeanalizowaniu danych dostarczonych przez porównanie zawarte w Tablicy 10.

W tym wypadku mamy do czynienia z pełną zgodnością wyników. Gdzie

nr opornika	**odległość** [Ω]	**zgodne [tak/nie]**
1	0,148	tak
2	0,161	tak
3	0,363	tak
4	0,139	tak
5	0,192	tak
6	0,216	tak
7	0,149	tak
8	0,209	tak
9	0,203	tak
10	0,053	tak

Tablica 10: Porównanie wyników metody 2 z 3

należy zatem upatrywać przyczyny? Podstawową różnicą jest to, iż w metodzie 2 mamy do czynienia z bardzo podobnymi do siebie spadkami napięć na oporze znanym jak i nieznanym. W znacznym stopniu eliminuje to problem doprowadzeń oraz wpływ równoległego podłączenia woltomierza. Problem przybliżeń teoretycznych jest także mniejszy w tym modelu. Mimo wszystko istnieje jednak możliwość, iż jakaś wada sprzętowa wpłynęła na wyniki.

4 Literatura

5 Opis teoretyczny