

**Федеральное агентство связи
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
Факультет информационных систем и технологий**

Лабораторная работа № 2

Дисциплина: Физика

«Определение сопротивления резисторов с помощью моста Уитстона»

Выполнил студент ИВТ-91:

Мочинов А.А.

Проверил:

Матвеев И. В.

Смара 2020

Таблица 1

МАРШРУТ 3

		R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	R _{пост} , Ом	R _{пар} , Ом
№	L, дел	l ₃ , дел	l ₃ , дел	l ₃ , дел	l ₃ , дел
1	350	180	211	250	137
2		181	211	254	135
3		180	208	251	137
4		178	209	252	133
5		179	208	250	132
Среднее Значение	-	179,6	209,4	251,4	134,8
Абсолютная погрешность	1	1,84	1,80	1,89	2,42
Относительная погрешность, %	0,4	0,87	0.86	0.75	1.8

Таблица 2

	R ₀	R ₁	R ₂	R _{посл}	R _{пар}	R' _{посл}	R' _{пар}
Значение сопротивления (Ом)	200	211	298	510	125	509	123
Абсолютная погрешность (Ом)	4,4	12	17	30	8	20	5
Относительная погрешность (%)	5	5,5	5,6	5,9	5,9	4	4

$$L = l_3 + l_4 = 350 \text{ мм}$$

$$\Delta L = \Delta l_{3, \text{пр}} = 1 \text{ мм}$$

$$R_0 = 200 \text{ Ом}$$

$$\epsilon_{R0} = 5\%$$

Нахождение среднего значения l_3 при R_1 :

$$l_3 = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5}{5} \Rightarrow \frac{180 + 181 + 180 + 178 + 179}{5} = 179.6$$

Нахождение среднего значения l_3 при R_2 :

$$l_3 = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5}{5} \Rightarrow \frac{211 + 211 + 208 + 209 + 208}{5} = 209.4$$

Нахождение среднего значения l_3 при $R_{\text{пост}}$:

$$l_3 = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5}{5} \Rightarrow \frac{250 + 254 + 251 + 252 + 250}{5} = 251.4$$

Нахождение среднего значения l_3 при $R_{\text{пар}}$:

$$l_3 = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5}{5} \Rightarrow \frac{137 + 135 + 137 + 133 + 132}{5} = 134.8$$

Абсолютная погрешность каждого измерения l_3 при R_1 :

$$\Delta l_1 = l_3 - \langle \rangle = 180 - 179,6 = 0,4$$

$$\Delta l_2 = l_3 - \langle \rangle = 181 - 179,6 = 1,4$$

$$\Delta l_3 = l_3 - \langle \rangle = 180 - 179,6 = 0,4$$

$$\Delta l_4 = l_3 - \langle \rangle = 178 - 179,6 = -1,6$$

$$\Delta l_5 = l_3 - \langle \rangle = 179 - 179,6 = -0,6$$

$$(l_1)^2 = (0,4)^2 = 0,16$$

$$(l_2)^2 = (1,4)^2 = 1,96$$

$$(l_3)^2 = (0,4)^2 = 0,16$$

$$(l_4)^2 = (-1,6)^2 = 2,56$$

$$(l_5)^2 = (-0,6)^2 = 0,36$$

Абсолютная погрешность каждого измерения l_3 при R_2 :

$$\Delta l_1 = l_3 - \langle \rangle = 211 - 209,4 = 1,6$$

$$\Delta l_2 = l_3 - \langle \rangle = 211 - 209,4 = 1,6$$

$$\Delta l_3 = l_3 - \langle \rangle = 208 - 209,4 = -1,4$$

$$\Delta l_4 = l_3 - \langle \rangle = 209 - 209,4 = -0,4$$

$$\Delta l_5 = l_3 - \langle \rangle = 208 - 209,4 = -1,4$$

$$(l_1)^2 = (1,6)^2 = 2,56$$

$$(l_2)^2 = (1,6)^2 = 2,56$$

$$(l_3)^2 = (-1,4)^2 = 1,96$$

$$(l_4)^2 = (-0,4)^2 = 0,16$$

$$(l_5)^2 = (-1,4)^2 = 1,96$$

Абсолютная погрешность каждого измерения l_3 при $R_{\text{пост}}$:

$$\Delta l_1 = l_3 - \langle \rangle = 250 - 251,4 = -1,4$$

$$\Delta l_2 = l_3 - \langle \rangle = 254 - 251,4 = 2,6$$

$$\Delta l_3 = l_3 - \langle \rangle = 251 - 251,4 = -0,4$$

$$\Delta l_4 = l_3 - \langle \rangle = 252 - 251,4 = 0,6$$

$$\Delta l_5 = l_3 - \langle \rangle = 250 - 251,4 = -1,4$$

$$(l_1)^2 = (-1,4)^2 = 1,96$$

$$(l_2)^2 = (2,6)^2 = 6,76$$

$$(l_3)^2 = (-0,4)^2 = 0,16$$

$$(l_4)^2 = (0,6)^2 = 0,36$$

$$(l_5)^2 = (-1,4)^2 = 1,96$$

Абсолютная погрешность каждого измерения l_3 при $R_{\text{пар}}$:

$$\Delta l_1 = l_3 - \langle \rangle = 137 - 134,8 = 2,2$$

$$\Delta l_2 = l_3 - \langle \rangle = 135 - 134,8 = 0,2$$

$$\Delta l_3 = l_3 - \langle \rangle = 137 - 134,8 = 2,2$$

$$\Delta l_4 = l_3 - \langle \rangle = 133 - 134,8 = -1,8$$

$$\Delta l_5 = l_3 - \langle \rangle = 132 - 134,8 = -2,8$$

$$(l_1)^2 = (2,2)^2 = 4,84$$

$$(l_2)^2 = (0,2)^2 = 0,04$$

$$(l_3)^2 = (2,2)^2 = 4,84$$

$$(l_4)^2 = (-1,8)^2 = 3,24$$

$$(l_5)^2 = (-2,8)^2 = 7,84$$

Нахождение стандартная погрешность среднего значения при R1:

$$S = \sqrt{\frac{(L1)^2 + (L2)^2 + (L3)^2 + (L4)^2 + (L5)^2}{5(5-1)}} = \sqrt{\frac{0.16 + 1.96 + 0.16 + 2.56 + 0.36}{5(5-1)}} = \sqrt{\frac{5.2}{20}} = \sqrt{0.26} = 0.51$$

Нахождение стандартная погрешность среднего значения при R2:

$$S = \sqrt{\frac{(L1)^2 + (L2)^2 + (L3)^2 + (L4)^2 + (L5)^2}{5(5-1)}} = \sqrt{\frac{2.56 + 2.56 + 1.96 + 0.16 + 1.96}{5(5-1)}} = \sqrt{\frac{9.2}{20}} = \sqrt{0.46} = 0.68$$

Нахождение стандартная погрешность среднего значения при Rпост:

$$S = \sqrt{\frac{(L1)^2 + (L2)^2 + (L3)^2 + (L4)^2 + (L5)^2}{5(5-1)}} = \sqrt{\frac{1.96 + 6.76 + 0.16 + 0.36 + 1.96}{5(5-1)}} = \sqrt{\frac{11.2}{20}} = \sqrt{0.56} = 0.75$$

Нахождение стандартная погрешность среднего значения при Rпар:

$$S = \sqrt{\frac{(L1)^2 + (L2)^2 + (L3)^2 + (L4)^2 + (L5)^2}{5(5-1)}} = \sqrt{\frac{4.84 + 0.04 + 4.84 + 3.24 + 7.84}{5(5-1)}} = \sqrt{\frac{20.8}{20}} = \sqrt{1.04} = 1.02$$

Нахождение абсолютно случайная погрешность l_3 при R1:

$$\Delta l_{\text{сл}} = t * S = 2.13 * 0.51 = 1.1928 = 1.2$$

Нахождение абсолютно случайная погрешность l_3 при R2:

$$\Delta l_{\text{сл}} = t * S = 2.13 * 0.68 = 1.4484 = 1,5$$

Нахождение абсолютно случайная погрешность l_3 при Rпост:

$$\Delta l_{\text{сл}} = t * S = 2.13 * 0.75 = 1.5975 = 1,6$$

Нахождение абсолютно случайная погрешность l_3 при Rпар:

$$\Delta l_{\text{сл}} = t * S = 2.13 * 1.02 = 2.1726 = 2.2$$

Нахождение абсолютной погрешности для величины l_3 при R1:

$$\Delta l_3 = \sqrt{(l_{\text{сл}})^2 + (l_{\text{пр}})^2} = \sqrt{(1.2)^2 + (1)^2} = \sqrt{2.44} = 1.5620 = 1.56$$

Нахождение абсолютной погрешности для величины l_3 при R2:

$$\Delta l_3 = \sqrt{(l_{\text{сл}})^2 + (l_{\text{пр}})^2} = \sqrt{(1.5)^2 + (1)^2} = \sqrt{3.25} = 1.8027 = 1.80$$

Нахождение абсолютной погрешности для величины l_3 при Rпост:

$$\Delta l_3 = \sqrt{(l_{\text{сл}})^2 + (l_{\text{пр}})^2} = \sqrt{(1.6)^2 + (1)^2} = \sqrt{3.56} = 1.8867 = 1.89$$

Нахождение абсолютной погрешности для величины l_3 при Rпар:

$$\Delta l_3 = \sqrt{(l_{\text{сл}})^2 + (l_{\text{пр}})^2} = \sqrt{(2.2)^2 + (1)^2} = \sqrt{5.84} = 2.4166 = 2.42$$

Нахождение относительной погрешности для величины l_3 при R1:

$$\varepsilon_l = \frac{\Delta l_3}{\langle l_3 \rangle} * 100 = \frac{1.56}{179.6} * 100 = 0.87$$

Нахождение относительной погрешности для величины l_3 при R2:

$$\varepsilon_l = \frac{\Delta l_3}{\langle l_3 \rangle} * 100 = \frac{1.80}{209.4} * 100 = 0.86$$

Нахождение относительной погрешности для величины l_3 при Rпост:

$$\varepsilon_l = \frac{\Delta l_3}{\langle l_3 \rangle} * 100 = \frac{1.89}{251.4} * 100 = 0.75$$

Нахождение относительной погрешности для величины l_3 при Rпар:

$$\varepsilon_l = \frac{\Delta l_3}{\langle l_3 \rangle} * 100 = \frac{2.42}{134.8} * 100 = 1.8$$

Вычисляем неизвестное сопротивление R1:

$$R_1 = R_0 \frac{\langle l_3 \rangle}{L - \langle l_3 \rangle} = 200 * \frac{179.6}{350 - 179.6} = 200 * \frac{179.6}{170.4} = 210.80$$

Вычисляем неизвестное сопротивление R2:

$$R_2 = R_0 \frac{\langle l_3 \rangle}{L - \langle l_3 \rangle} = 200 * \frac{209.4}{350 - 209.4} = 200 * \frac{209.4}{140.6} = 297.87$$

Вычисляем неизвестное сопротивление Rпост:

$$R_{\text{пост}} = R_0 \frac{\langle l_3 \rangle}{L - \langle l_3 \rangle} = 200 * \frac{251.4}{350 - 251.4} = 200 * \frac{251.4}{98.6} = 509.93$$

Вычисляем неизвестное сопротивление Rпар:

$$R_{\text{пар}} = R_0 \frac{\langle l_3 \rangle}{L - \langle l_3 \rangle} = 200 * \frac{134.8}{350 - 134.8} = 200 * \frac{134.8}{215.2} = 125.28$$

Остановился здесь

Рассчитываем погрешность сопротивления R1:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{R_1} &= \sqrt{(\varepsilon_{R_0})^2 + \left(\frac{L}{L - <l_3>}\right)^2 [(\varepsilon_{l_3})^2 + (\varepsilon_L)^2]} = \sqrt{(5)^2 + \left(\frac{350}{350-179,6}\right)^2 [(1,02)^2 + (0,4)^2]} = \\ &= \sqrt{25 + 4,2[1,0404 + 0,16]} = \sqrt{25 + 5,04168} = \sqrt{30,04168} = 5,48 \\ \Delta R_1 &= \frac{R_1 * \varepsilon_{R_1}}{100} = \frac{210,80 * 5,48}{100} = 11,55\end{aligned}$$

Рассчитываем погрешность сопротивления R2:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{R_2} &= \sqrt{(\varepsilon_{R_0})^2 + \left(\frac{L}{L - <l_3>}\right)^2 [(\varepsilon_{l_3})^2 + (\varepsilon_L)^2]} = \sqrt{(5)^2 + \left(\frac{350}{350-209,4}\right)^2 [(0,86)^2 + (0,4)^2]} = \\ &= \sqrt{25 + 6,2[0,7396 + 0,16]} = \sqrt{25 + 5,57752} = \sqrt{30,57752} = 5,53 \\ \Delta R_2 &= \frac{R_2 * \varepsilon_{R_2}}{100} = \frac{297,87 * 5,53}{100} = 16,47\end{aligned}$$

Рассчитываем погрешность сопротивления Rпост:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{R_{\text{посл}}} &= \sqrt{(\varepsilon_{R_0})^2 + \left(\frac{L}{L - <l_3>}\right)^2 [(\varepsilon_{l_3})^2 + (\varepsilon_L)^2]} = \sqrt{(5)^2 + \left(\frac{350}{350-251,4}\right)^2 [(0,75)^2 + (0,4)^2]} = \\ &= \sqrt{25 + 12,6[0,5625 + 0,16]} = \sqrt{25 + 9,1035} = \sqrt{34,1035} = 5,84 \\ \Delta R_{\text{посл}} &= \frac{R_{\text{посл}} * \varepsilon_{R_{\text{посл}}}}{100} = \frac{509,93 * 5,84}{100} = 29,78\end{aligned}$$

Рассчитываем погрешность сопротивления Rпар:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{R_{\text{пар}}} &= \sqrt{(\varepsilon_{R_0})^2 + \left(\frac{L}{L - <l_3>}\right)^2 [(\varepsilon_{l_3})^2 + (\varepsilon_L)^2]} = \sqrt{(5)^2 + \left(\frac{350}{350-134,8}\right)^2 [(1,8)^2 + (0,4)^2]} = \\ &= \sqrt{25 + 2,66[3,24 + 0,16]} = \sqrt{25 + 9,044} = \sqrt{34,044} = 5,84 \\ \Delta R_{\text{пар}} &= \frac{R_{\text{пар}} * \varepsilon_{R_{\text{пар}}}}{100} = \frac{125,28 * 5,84}{100} = 7,49\end{aligned}$$

Рассчитываем сопротивление R'посл:

$$\Delta R'_{\text{посл}} = R_1 + R_2 = 210,80 + 297,87 = 508,67$$

$$\begin{aligned}\Delta R'_{\text{посл}} &= \sqrt{(\Delta R_1)^2 + (\Delta R_2)^2} = \sqrt{(11,55)^2 + (16,47)^2} = \sqrt{133,4025 + 271,2609} = \\ &= \sqrt{404,6634} = 20,12\end{aligned}$$

$$\varepsilon_{R'_{\text{посл}}} = \frac{\Delta R'_{\text{посл}}}{R'_{\text{посл}}} * 100\% = \frac{20,12}{508,67} * 100\% = 3,96$$

Рассчитываем сопротивление R'пар:

$$R'_{\text{пар}} = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2} = \frac{210,80 * 297,87}{210,80 + 297,87} = \frac{62\,790,996}{508,67} = 123,44$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{R'_{\text{пар}}} &= R'_{\text{пар}} * \sqrt{\left(\frac{\varepsilon_{R_1}}{R_1}\right)^2 + \left(\frac{\varepsilon_{R_2}}{R_2}\right)^2} = 123,44 * \sqrt{\left(\frac{5,48}{210,80}\right)^2 + \left(\frac{5,53}{297,87}\right)^2} = \\ &= 123,44 * \sqrt{(0,0260)^2 + (0,0186)^2} = 123,44 * \sqrt{0,000676 + 0,00034596} = \\ &= 123,44 * \sqrt{0,00102196} = 123,44 * 0,032 = 3,95 \end{aligned}$$

$$\Delta R'_{\text{пар}} = \frac{R'_{\text{пар}} * \varepsilon_{R'_{\text{пар}}}}{100\%} = \frac{123,44 * 3,95}{100\%} = 4,88$$

Вывод:

Цель нашей работы заключалось в нахождении и определении сопротивления резисторов при их последовательном и параллельном соединении. Закончив эту лабораторную работу, мы подведём итоги и сравним наши результаты.

$$R_{\text{посл}} = 510 \pm 30 \text{ Ом}; \quad \varepsilon_{R_{\text{посл}}} = 5,9\%$$

$$R_{\text{пар}} = 125 \pm 8 \text{ Ом}; \quad \varepsilon_{R_{\text{пар}}} = 5,9\%$$

$$R'_{\text{посл}} = 509 \pm 20 \text{ Ом}; \quad \varepsilon_{R'_{\text{посл}}} = 4,0\%$$

$$R'_{\text{пар}} = 123 \pm 5 \text{ Ом}; \quad \varepsilon_{R'_{\text{пар}}} = 4,0\%$$