

**Министерство науки и  
образования Российской  
Федерации ИРКУТСКИЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Институт  
Заочно-вечернего обучения**

**Отчет по лабораторной работе № 5.4  
«Определение неизвестных сопротивлений при  
помощи мостовой схемы»**

Выполнил:

Студент, группы НГДСз-22-1

Верхозин А.С. (15.05.2023)

№ зачетной книжки 22150091

Принял:

Доцент кафедры физики

Кузнецова Светлана Юрьевна

Иркутск 2023г.

**Цель работы:** изучение законов постоянного тока.

### Теоретическая часть

Электрический ток - непрерывное упорядоченное движение электронов. За направление электрического тока принято направление движения свободных положительных зарядов.

Количественной мерой электрического тока служит сила тока  $I$ . Это скалярная физическая величина, которая определяет количество электричества, проходящего через поперечное сечение проводника за единицу времени:  $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ ,  $[I] = [\text{Ампер}] = [A]$

Силы неэлектростатического происхождения, действующие на свободные носители заряда со стороны источников тока, называются сторонними силами. При перемещении электрических зарядов по цепи постоянного тока сторонние силы, действующие внутри источников тока, совершают работу.

Потенциал электростатического поля — скалярная величина, равная отношению потенциальной энергии  $W$  заряда в поле к этому заряду  $q$ :

$$\varphi = \frac{W}{q}, [\varphi] = [\text{Вольт}] = [B]$$

$\varphi$  - энергетическая характеристика поля в данной точке.

Разность значений потенциала равна работе электростатического поля при перемещении единичного положительного заряда вдоль силовых линий этого поля:

$$\Delta \varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}$$

При последовательном соединении через все сопротивления течёт один и тот же ток, и падение напряжения на сопротивлениях пропорционально величинам этих сопротивлений. Сопротивление последовательно соединённых проводников

$$R = \sum_{i=1}^N R_i$$

При параллельном соединении сопротивлений имеем одинаковое падение напряжения, но различную силу тока на участках  $I = I_1 + I_2 + \dots$

Следовательно, разделив на  $U$  обе части этого выражения, получим:

$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i}$$

где  $R_i$  – сопротивление  $i$ -го проводника;  $N$  – число проводников.

Цепь постоянного тока можно разбить на участки, на которых не действуют сторонние силы, то есть участки, не содержащие источников тока.

Эти участки называются однородными. Участки, включающие источники тока, называются неоднородными.

Закон Ома: сила тока  $I$ , текущего по однородному проводнику пропорциональна напряжению на концах проводника и обратно сопротивлению проводника:

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U}{R}$$

где  $\varphi_1 - \varphi_2 = U$  – напряжение на участке цепи;  $R$  – его сопротивление, Ом.

Закон Ома для неоднородной цепи: сила тока в электрической цепи прямо пропорциональна ЭДС и обратно пропорциональна сумме сопротивлений внешней и внутренней цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}$$

где  $R$  – внешнее сопротивление цепи;  $r$  – внутреннее сопротивление источника тока. Сопротивление однородного проводника

Для расчёта более сложных цепей существует способ, основанный на применении правил Кирхгофа.

Первое правило Кирхгофа (правило для узла) – алгебраическая сумма всех  $N$  токов, сходящихся в узле, равна нулю. Узел-точка разветвления проводников

$$\sum_{i=1}^N I_i = 0$$

Второе правило Кирхгофа (правило для контура) – алгебраическая сумма падений напряжений, подсчитанных вдоль любого замкнутого контура, равна алгебраической сумме ЭДС источников, включенных в контур:

$$\sum_{i=1}^N I_i R_i = \sum_{k=1}^M \varepsilon_k$$

где N – количество сопротивлений в контуре; M – число источников ЭДС.

### Описание экспериментальной установки

Мост Уитстона реализован в виртуальной лабораторной установке (рис.1), состоит из сопротивлений  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_x$ ,  $R_4$ , которые соединены между собой таким образом, что образуют замкнутый четырехугольник.

Два противоположных угла четырехугольника соединяются с батареей ( $E = 25$  В) через ключ К, а два других угла – через гальванометр G.

Сопротивления  $R_1$ ,  $R_2$  соответствуют сопротивлению проволоки реохорда, т.е. плечам  $L_1$ ,  $L_2$  реохорда [ $R_x = R_4 \frac{L_1}{L_2}$ ]. Длину плеч можно изменить при помощи кнопки-движка “RHEOHORD CONTROL”.

Сопротивление  $R_4$  представляет собой магазин сопротивлений, позволяющий набрать любое сопротивление в пределах от  $R_0=0$  Ом до  $R_{\max} = 999,9$  Ом. Неизвестное сопротивление на схеме обозначено цифрами 1 или 2. Нажимая на кнопку неизвестного сопротивления, можно получить в схеме неизвестные сопротивления 1 ( $R_{x1}$ ) или 2 ( $R_{x2}$ ), а также их последовательное ( $R_{x3}$ ) и параллельное ( $R_{x4}$ ) включение. Когда источник тока замкнут, то через «плечи» моста пойдет ток и гальванометр покажет этот ток.

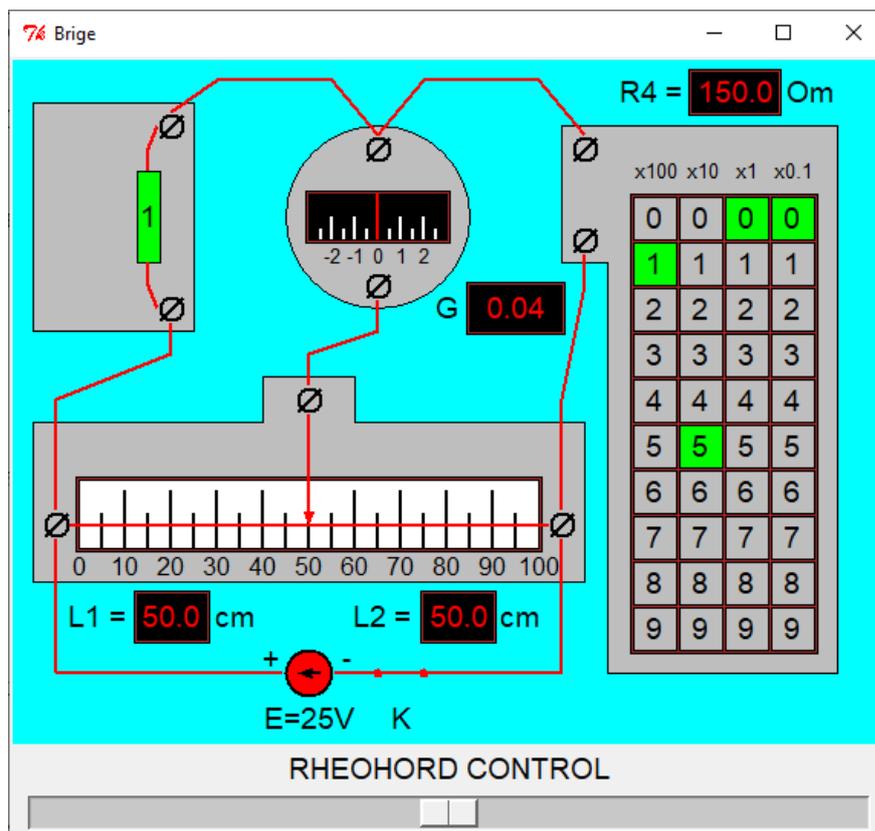


рис. 1 Виртуальная лабораторная установка

При помощи кнопки-движка «RHEORORD CONTROL» можно добиться такого положения контакта D на реохорде, когда ток через гальванометр будет равен нулю. То же самое можно сделать подбором сопротивления  $R_4$ , не изменяя соотношение плеч  $L_1, L_2$  реохорда.

Выполнить пробные измерения, добиваясь нулевого отклонения стрелки гальванометра G: а) подбором  $R_4$  при различных фиксированных значениях  $L_1/L_2$ ; б) подбором соотношения плеч  $L_1/L_2$  при различных фиксированных значениях сопротивления  $R_4$ .

#### Порядок выполнения работы

Согласно условию варианта  $R_4 = 150 \text{ Ом}$

1. Установить движок реохорда D на середину реохорда, а значение  $R_4$  на магазине сопротивлений вывести на ноль.
2. Включить в мостовую схему первое неизвестное сопротивление  $R_{x1}$  и замкнуть ключ K.

3(а). Изменяя сопротивления  $R_4$ , добиться минимального (нулевого) отклонения стрелки гальванометра  $G$  при равном отношении плеч реохорда  $L_1$  и  $L_2$  ( $L_1/L_2=50/50$ ).

3(б). Установить первое заданное значение сопротивления  $R_4^1$ , и путем подбора отношения плеч реохорда  $L_1/L_2$  добиться минимального (нулевого) отклонения стрелки гальванометра  $G$ . Отсчитать и записать длину плеч реохорда  $L_1$  и  $L_2$ , а также значение  $R_4$  в таблицу результатов измерений.

4. Заменить неизвестное сопротивление  $R_{X1}$  на неизвестное сопротивление  $R_{X2}$  и повторить измерения аналогично пп.3. Полученные данные записать в таблицу результатов измерений.

Таблица результатов измерений 2

Измеряемые сопротивления	Опыт	$L_1$ , см	$L_2$ , см	$R_4$ , Ом	$R_{Xi}$ , Ом	$\bar{R}_{Xi}$ , Ом
Неизвестное сопротивление $R_{X1}$	1	50	50	150	150	150,7
	2	45,7	54,3	180	151,5	
	3	55,7	44,3	120	150,9	
Неизвестное сопротивление $R_{X2}$	1	62	38	150	244,7	245
	2	57,7	42,3	180	245,5	
	3	67,1	32,9	120	244,7	
Неизвестное сопротивление $R_{X3}$	1	73	27	150	405,6	406,1
	2	69,3	30,7	180	406,3	
	3	77,2	22,8	120	406,3	
Неизвестное сопротивление $R_{X4}$	1	38,8	61,2	150	95,1	94,9
	2	34,5	65,5	180	94,8	
	3	44,1	55,9	120	94,7	

5. Провести измерения для сопротивлений  $R_{X3}$  и  $R_{X4}$ , следуя пп.3 данные записать в таблицу.

6. Повторить аналогичные измерения для второго  $R_4^2$  и третьего  $R_4^3$  заданного значения сопротивления  $R_4$ .

7. По результатам измерений определить значения неизвестных сопротивлений  $R_{X1}$ , и  $R_{X2}$ ,  $R_{X3}$  и  $R_{X4}$  и их средние значения  $\bar{R}_{Xi}$

8. Оценить погрешности измерений. Сделать выводы и написать отчет.

Вычисления

$$1. R_x = 150 \frac{50}{50} = 150,0 \text{ Ом} \quad 2. R_x = 180 \frac{45,7}{54,3} = 151,5 \text{ Ом} \quad 3. R_x = 120 \frac{55,7}{44,3} = 150,9 \text{ Ом}$$

$$\begin{array}{lll}
4. R_x = 150 \frac{62}{38} = 244,7 \text{ Ом} & 5. R_x = 180 \frac{57,7}{42,3} = 245,5 \text{ Ом} & 6. R_x = 120 \frac{67,1}{32,9} = 244,7 \text{ Ом} \\
7. R_x = 150 \frac{73}{27} = 405,6 \text{ Ом} & 8. R_x = 180 \frac{69,3}{30,7} = 406,3 \text{ Ом} & 9. R_x = 120 \frac{77,2}{22,8} = 406,3 \text{ Ом} \\
10. R_x = 150 \frac{38,8}{61,2} = 95,1 \text{ Ом} & 11. R_x = 180 \frac{34,5}{65,5} = 94,8 \text{ Ом} & 12. R_x = 120 \frac{44,1}{55,9} = 94,7 \text{ Ом}
\end{array}$$

$$\bar{R}_{x1} = \frac{150 + 151,3 + 150,9}{3} = 150,7 \text{ Ом}$$

$$\bar{R}_{x2} = \frac{244,7 + 245,5 + 244,7}{3} = 245 \text{ Ом}$$

$$\bar{R}_{x3} = \frac{405,6 + 406,3 + 406,3}{3} = 406,1 \text{ Ом}$$

$$\bar{R}_{x4} = \frac{95,1 + 94,8 + 94,7}{3} = 94,9 \text{ Ом}$$

16. Определим случайную погрешность измерений по формуле  $\Delta R = t_{\alpha, n} S$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (R_i - \bar{R})^2}{n(n-1)}}$$

$t_{\alpha, n} = 4,3$  для  $\alpha = 0,98$  и  $n = 3$

$$\Delta R_1 = 4,3 \sqrt{\frac{(150 - 150,7)^2 + (151,3 - 150,7)^2 + (150,9 - 150,7)^2}{3(3-1)}} = 1,6$$

$$\Delta R_2 = 4,3 \sqrt{\frac{(244,7 - 245)^2 + (245,5 - 245)^2 + (244,7 - 245)^2}{3(3-1)}} = 1,2$$

$$\Delta R_3 = 4,3 \sqrt{\frac{(405,6 - 406,1)^2 + (406,3 - 406,1)^2 + (406,3 - 406,1)^2}{3(3-1)}} = 1$$

$$\Delta R_4 = 4,3 \sqrt{\frac{(95,1 - 94,9)^2 + (94,8 - 94,9)^2 + (94,7 - 94,9)^2}{3(3-1)}} = 0,5$$

Вычислим полную погрешность с учетом систематической  $\Delta R = 0,1$

$$\Delta R_1 = \sqrt{(1,6)^2 + (0,1)^2} = 1,6$$

$$\Delta R_2 = \sqrt{(1,2)^2 + (0,1)^2} = 1,2$$

$$\Delta R_3 = \sqrt{(1)^2 + (0,1)^2} = 1,0$$

$$\Delta R_4 = \sqrt{(0,5)^2 + (0,1)^2} = 0,5$$

Запишем результаты измерений

$$R = \bar{R} \pm \Delta R$$

$$R_{X1} = (150,7 \pm 1,6) \text{ Ом}$$

$$R_{X2} = (245,0 \pm 1,2) \text{ Ом}$$

$$R_{X3} = (406,1 \pm 1,0) \text{ Ом}$$

$$R_{X4} = (94,9 \pm 0,5) \text{ Ом}$$

Проверим при последовательном соединении проводников

$$R_{X3, теор} = R_{X1} + R_{X2} = 150,7 + 245,0 = 395,7 \text{ Ом}$$

При параллельном соединении

$$R_{X4, теор} = \frac{R_{X1} * R_{X2}}{R_{X1} + R_{X2}} = \frac{150,7 * 245}{150,7 + 245} = 93,3 \text{ Ом}$$

В этом опыте также вычисленные значения близки к полученным значениям  $R_{X3}$  и  $R_{X4}$  в результате измерений.

Вывод

В ходе выполнения лабораторной работы познакомились с теорией законов постоянного тока (законы Ома для участка и полной замкнутой цепи, правилами Кирхгофа). С помощью мостовой схемы (мост Уитстона) определили значения неизвестных сопротивлений цепи, а также их общие сопротивления при последовательном и параллельном соединении.

Результаты с учетом погрешностей для опыта с подбором отношения плеч реохорда  $L_1/L_2$

$$R_{X1} = (150,7 \pm 1,6) \text{ Ом}$$

$$R_{X2} = (245,0 \pm 1,2) \text{ Ом}$$

$$R_{X3} = (406,1 \pm 1,0) \text{ Ом}$$

$$R_{X4} = (94,9 \pm 0,5) \text{ Ом}$$

Полученные значения сопротивлений в ходе двух опытов близки к друг другу.

Проверили выполнение расчета сопротивлений при последовательном и параллельном соединении исходя из результатов для  $R_{X1}$  и  $R_{X2}$ . Вычисленные значения подтверждают экспериментальные  $R_{X3}$  и  $R_{X4}$

Литература

1. Курс физики: учеб. пособие для инж.-техн. специальностей вузов / Т. И. Трофимова. – 17-е изд., стер. – М. : Академия, 2012. – 557 с.
2. Щепин В. И. Физика: лаб. практикум: – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2017. – 132 с.