

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Санкт-Петербургский Горный университет»

## ОТЧЕТ

По лабораторной работе №7

(Исследование метрологических возможностей моста Уитстона)

Выполнил: студент группы ГМ-20 \_\_\_\_\_

Скуковский Д.А.

Проверил: доцент \_\_\_\_\_

Санкт-Петербург

2021

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

**1.Цель работы** - изучить метрологические возможности мостовой схемы, определить удельное сопротивление заданного материала.

### **2.Краткое теоретическое содержание:**

Основные физические понятия, объекты, процессы и величины:

Электрический ток - направленное(упорядоченное) движение электрически заряженных частиц под действием электрического поля.

Постоянный ток - электрический ток, который с течением времени не изменяется по величине и направлению.

Погрешность измерения - отклонение измеренного значения величины от её истинного (действительного) значения. Погрешность измерения является характеристикой точности измерения.

Прямые измерения - измерения, при которых искомое значение величины находят непосредственно из основных (опытных) данных.

Косвенные измерения-измерения, при которых определение искомого значения физической величины производятся на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной.

Реохорд - реостат, позволяющий проводить измерения электрического сопротивления мостовым методом Уитстона и определять электродвижущие силы в гальванических элементах компенсационным методом.

Гальванометр(мультиметр) - высокочувствительный прибор для измерения силы малых постоянных электрических токов. В отличие от обычных микроамперметров шкала гальванометра может быть проградуирована не только в единицах силы тока, но и в единицах напряжения.

Электростатический потенциал - скалярная энергетическая характеристика электростатического поля, характеризующая потенциальную энергию, которой обладает единичный положительный пробный заряд, помещенный в данную точку поля.

Электрическое сопротивление - физическая величина, характеризующая свойство проводника препятствовать прохождению электрического тока.

Удельное электрическое сопротивление - физическая величина, характеризующая способность материала препятствовать прохождению электрического тока.

Использование метода моста Уитстона является одним из распространенных способов измерения различных физических параметров электрических цепей: сопротивлений, ёмкостей, индуктивностей.

Законы и соотношения:

Закон Ома для однородного участка цепи-сила тока для однородного проводника на участке цепи прямо пропорциональна напряжению на этом участке и обратно пропорциональна сопротивлению проводника.

Зависимость однородного цилиндрического проводника от формы, размеров, и свойств материала:

$$R = \rho \ell / S$$

Площадь поперечного сечения проводника:

$$S = \pi d^2 / 4$$

1-ое правило Кирхгофа для любого узла цепи:

$$\sum_i I_i = 0$$

2-ое правило Кирхгофа для каждого замкнутого контура в сети линейных проводников:

$$\sum_i I_i R_i = \sum_i \mathcal{E}_i$$

где  $I_i$  - значение тока, протекающего через сопротивление  $i$ -ого проводника  $R_i$ ,  $\mathcal{E}_i$  – ЭДС  $i$ -ого источника в данном контуре.

При этом, ток считается положительным, если направление обхода по контуру совпадает с направлением тока; э.д.с. считается положительной, если при обходе контура “проходим” от отрицательной клеммы к положительной.

Результирующее сопротивление для последовательного соединения:

$$R_{x \text{ посл}} = \sum_j R_j$$

Результирующее сопротивление для параллельного соединения:

$$\frac{1}{R_{x \text{ паралл}}} = \sum_j \frac{1}{R_j}$$

Пояснения к физическим величинам, входящим в формулы, и единицы измерений:

- $R$ -резистор известного номинала,  $[R]=\text{Ом}$

- $\rho$ -удельное сопротивление неизвестного материала,  $[\rho]=\text{Ом}\cdot\text{м}$

- $l$ -длина проводника,  $[l]=\text{м}$

-  $l_1, l_2$ -длины плеч при балансе моста,  $[l_1],[l_2]=\text{м}$

- $S$ -площадь поперечного сечения проводника,  $[S]=\text{м}^2$

- $d$ -диаметр проводника,  $[d]=\text{м}$

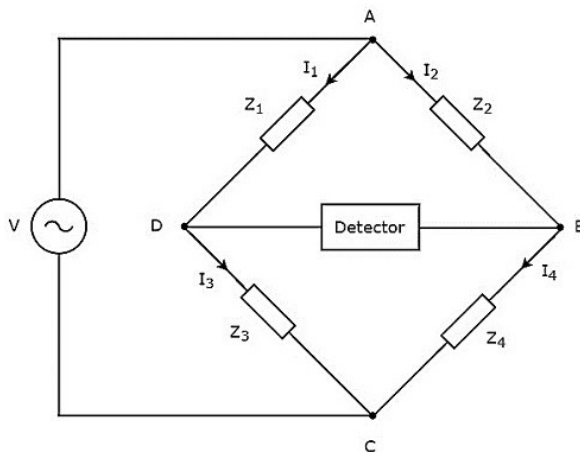
- $R_x$ -измеряемое сопротивление,  $[R_x]=\text{Ом}$

### 3. Основные расчётные формулы:

$$R_x = R \cdot \frac{l_1}{l_2}$$

$$\rho = \frac{R_x \cdot S}{l} = R_x \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot l}$$

### 4. Схема установки:



### 5. Формулы погрешности косвенных измерений:

$$\Delta R_x = \bar{R}_x \cdot \left( \frac{\Delta l}{l_1} + \frac{\Delta l}{l_2} \right)$$

$$\Delta \rho = \bar{\rho} \cdot \left( \frac{\Delta R_x}{\bar{R}_x} + \frac{\Delta l}{l} \right)$$

### 6. Таблицы:

Таблица №1

$R, \text{Ом}$	$l_1, \text{м}$	$l_2, \text{м}$	$R_x, \text{Ом}$
10	0,931	0,069	134,92
50	0,666	0,334	99,70
100	0,500	0,500	100,00

Таблица №2 ( $l=1000$  мм,  $d=0,5$  мм)

$R, \text{Ом}$	$l_1, \text{м}$	$l_2, \text{м}$	$R_x, \text{Ом}$	$\rho_1, 10^{-6} \text{Ом} \cdot \text{м}$
10	228	772	2,95	0,579
50	44	956	2,30	0,451
100	21	979	2,14	0,420

Таблица №3 ( $l=1000$  мм,  $d=0,7$  мм)

$R, \text{Ом}$	$l_1, \text{м}$	$l_2, \text{м}$	$R_x, \text{Ом}$	$\rho_2, 10^{-6} \text{Ом} \cdot \text{м}$
10	130	870	1,49	0,573
50	21	979	1,07	0,412
100	8	992	0,81	0,312

Таблица №4 (последовательное соединение)

$R, \text{Ом}$	$l_1, \text{м}$	$l_2, \text{м}$	$R_{x \text{ посл}}, \text{Ом}$
10	0,285	0,715	3,98
50	0,058	0,942	3,07
100	0,025	0,978	2,55

Таблица №5 (параллельное соединение)

$R, \text{Ом}$	$l_1, \text{м}$	$l_2, \text{м}$	$R_{x \text{ парал}}, \text{Ом}$
10	0,060	0,940	0,63
50	0,008	0,992	0,40
100	0,002	0,998	0,20

## 7. Пример вычислений:

а) Исходные данные:

$$l = 1 \text{ м}$$

$$d_1 = 0,5 \text{ мм}$$

$$d_2 = 0,7 \text{ мм}$$

$$R_1 = 10 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 50 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 100 \text{ Ом}$$

б) Погрешности прямых измерений:

$$\Delta l = 0,0005 \text{ м}$$

в) Вычисления величин и погрешностей косвенных измерений:

$$R_x = 10 \text{ Ом} * \frac{0,931 \text{ м}}{0,069 \text{ м}} = 134,92 \text{ Ом}$$

$$\rho_1 = 2,95 \text{ Ом} * 3,14 * i = 0,579 * 10^{-6} \text{ Ом} * \text{м} \text{ (при } R = 10 \text{ Ом)}$$

$$\rho_2 = 1,49 \text{ Ом} * 3,14 * i = 0,573 * 10^{-6} \text{ Ом} * \text{м} \text{ (при } R = 10 \text{ Ом)}$$

$$R_{x \text{ посл}} = 10 \text{ Ом} * \frac{0,285 \text{ м}}{0,715 \text{ м}} = 3,98 \text{ Ом}$$

$$R_{x \text{ парал}} = 10 \text{ Ом} * \frac{0,060 \text{ м}}{0,940 \text{ м}} = 0,63 \text{ Ом}$$

$$\Delta R_x = 111,54 \text{ Ом} * \left( \frac{0,0005 \text{ м}}{2,082 \text{ м}} + \frac{0,0005 \text{ м}}{0,918 \text{ м}} \right) i = 0,08 \text{ м}$$

$$\Delta \rho_1 = 0,579 * \left( \frac{0,08 \text{ Ом}}{2,46 \text{ Ом}} + \frac{0,0005 \text{ м}}{1 \text{ м}} \right) = 0,02 * 10^{-6} \text{ Ом} * \text{м}$$

$$\Delta \rho_2 = 0,573 * \left( \frac{0,08 \text{ Ом}}{1,12 \text{ Ом}} + \frac{0,0005 \text{ м}}{1 \text{ м}} \right) = 0,04 * 10^{-6} \text{ Ом} * \text{м}$$

### 8.Результат:

$$R_x = \bar{R}_x \pm \Delta R_x, \text{ где } \bar{R}_x = 111,54 \text{ Ом}, \Delta R_x = 0,08 \text{ м}$$

$$R_x = 111,54 \pm 0,08 \text{ Ом}$$

$$\rho_1 = \bar{\rho}_1 \pm \Delta \rho_1, \text{ где } \bar{\rho}_1 = 0,579 * 10^{-6} \text{ Ом} * \text{м}, \Delta \rho_1 = 0,02 * 10^{-6} \text{ Ом} * \text{м}$$

$$\rho_1 = (0,579 \pm 0,020) * 10^{-6} \text{ Ом} * \text{м}$$

$$\rho_2 = \bar{\rho}_2 \pm \Delta \rho_2, \text{ где } \bar{\rho}_2 = 0,573 * 10^{-6} \text{ Ом} * \text{м}, \Delta \rho_2 = 0,04 * 10^{-6} \text{ Ом} * \text{м}$$

$$\rho_2 = (0,573 \pm 0,040) * 10^{-6} \text{ Ом} * \text{м}$$

### 9.Анализ и выводы:

В ходе лабораторной работы я изучил метрологические возможности мостовой схемы, а также определил измеряемое сопротивление и удельное сопротивление заданного материала.

Подводя итог, можно сказать, что использование метода моста Уитстона является весьма эффективным способом нахождения сопротивления и других связанных с ним величин (например, удельного сопротивления).

Таким образом:

$$R_x = 111,54 \pm 0,08 \text{ Ом}$$

$$\rho_1 = (0,579 \pm 0,020) * 10^{-6} \text{ Ом} * \text{м}$$

$$\rho_2 = (0,573 \pm 0,04) * 10^{-6} \text{ Ом} * \text{м}$$

Табличное же значение удельного сопротивления заданного материала равно  $0,5 \cdot 10^{-6}$  Ом\*м. Это говорит нам о том, что опыт имел весьма неплохой характер.