

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НГУ)

Физический факультет

Лабораторная работа №4.2

Мостовые методы измерения сопротивлений

Руководитель:
Старший преподаватель
Яцких А. А.
Работу выполнил:
Высоцкий М. Ю.
гр. 24301

Новосибирск, 2024

1 Теоретическое введение

Цель работы: Изучение мостовых методов измерения электрических сопротивлений, принципов работы одинарного и двойного мостов, измерения температуры датчиками сопротивления.

Мостами называются приборы, предназначенные для измерения сопротивлений методом сравнения. Для измерения сопротивлений более 50 Ом применяют одинарный мост – мост Уитстона. При измерении малых сопротивлений применяют двойной мост – мост Томпсона.

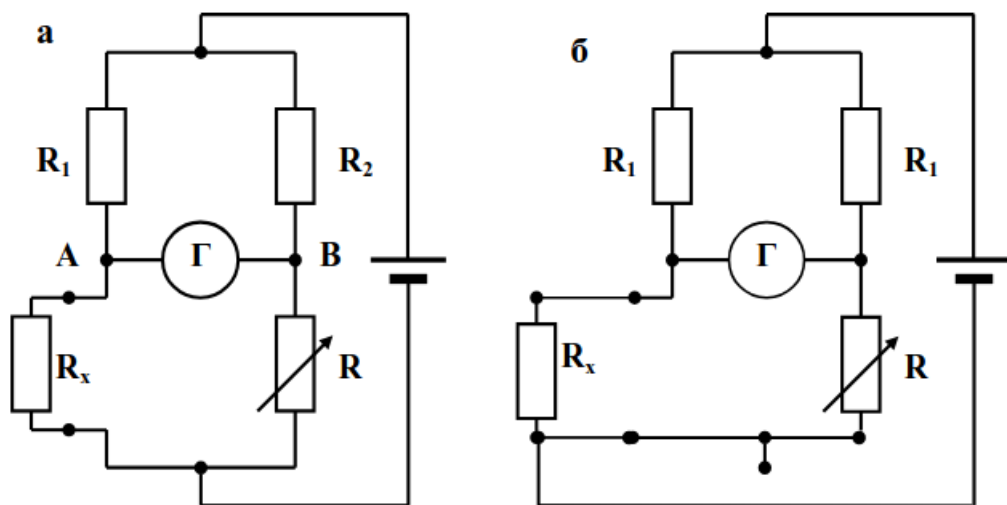
Схема одинарного моста приведена ниже. По сути, он представляет собой два делителя напряжения, включенных параллельно. Сопротивления R_1 , R_2 и R являются элементами моста и их значения известны. Сопротивление R_x – это неизвестное (измеряемое) сопротивление. Одно из сопротивлений моста (по схеме – это сопротивление R) можно изменять в широких пределах, меняя, тем самым, коэффициент деления правого по схеме делителя напряжения, и, следовательно, потенциал в точке В. В процессе измерений мы меняем R в ту или иную сторону, добиваясь нулевых показаний индикатора Г, включенного в измерительную диагональ моста – уравниваем мост. В этот момент потенциалы в точках А и В равны:

$$\frac{UR_x}{R_x + R_1} = \frac{UR}{R + R_2} \quad (1)$$

откуда

$$R_x = R \frac{R_1}{R_2} \quad (2)$$

Поскольку значения всех сопротивлений в правой части этого выражения нам известны, мы можем рассчитать R_x .

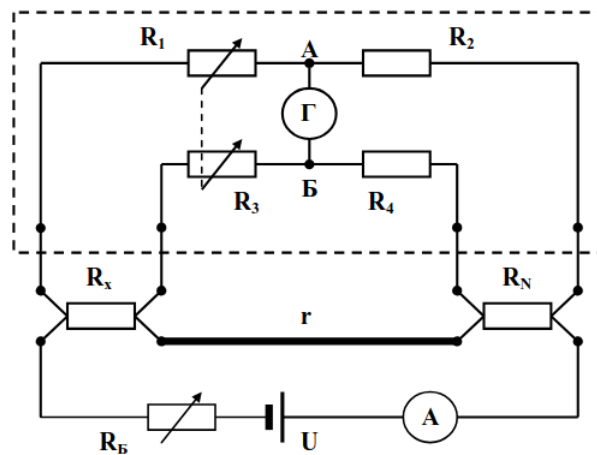


а – штатное (двухпроводное) подключение измеряемого сопротивления; б – трехпроводная схема подключения.

R_x – измеряемое сопротивление; r – сопротивление подводящего провода; R_1 и R_2 – постоянные сопротивления моста; R – переменное сопротивление

Рис. 1: Мост Уитстона.

Далее - двойной мост, мост Томпсона.



$R_1 - R_4$ – магазины сопротивлений моста; R_x и R_N – измеряемое и образцовое сопротивления; $R_б$ – балластное сопротивление для регулирования тока; r – сопротивление соединительного провода; Γ – нуль индикатор моста; A – контрольный амперметр.

Рис. 2: Мост Томпсона.

При измерении очень малых сопротивлений (например, миллиом) сопротивление соединительных проводов и контактов может стать значительной частью общего измеряемого сопротивления. Мост Уитстона не может эффективно компенсировать это влияние, что приводит к ошибкам измерения. Двойной мост как раз-таки нужен для малых сопротивлений, при введении дополнительных плеч в мосте Томпсона эти самые паразитные сопротивления компенсируются.

2 Ход работы.

2.1 Задание 1. Мост Уитстона.

1. Здесь нужно было измерить (вообще говоря, уже подписанные) сопротивления на плате. Они совпадают! 2. Измерить сопротивление катушки в воде и воздухе. Сначала измерялось в воздухе, затем - в воде со льдом. Также нужно определить комнатную температуру по следующей зависимости:

$$R(T) = R(T_0) * (1 + 4,3 * 10^{-3}(T - T_0)) \quad (3)$$

откуда, при температуре $T_0 = 1^\circ\text{C}$ имеем:

$$T = \frac{\frac{R(T)}{R(T_0)} - 1}{4,3 * 10^{-3}} + 1 \quad (4)$$

и подставляя значения:

$$T = \frac{\frac{358,4}{329,4} - 1}{4,3 * 10^{-3}} + 1 = 22,5 \pm 0,61^{\circ}\text{C} \quad (5)$$

При проведении опыта, в лаборатории была температура, равная $T = 24 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

2.2 Задание 2. Мост Томпсона.

1. Здесь нужно было измерить сопротивления образцовых резисторов. Показания сошлись с номинальными, указанными на самих резисторах.
2. Нужно было измерить сопротивление медного провода, построить график зависимости сопротивления проводника от его длины $R(l)$. А также рассчитать удельное сопротивление меди.

$$\rho = \frac{RS_{\text{ср}}}{l} = \frac{\pi d_{\text{ср}}^2 R}{4l} \quad (6)$$

$d \pm \Delta d, \text{ мм}$
$2,00 \pm 0,01$
$1,97 \pm 0,01$
$1,94 \pm 0,01$
$1,96 \pm 0,01$
$2,01 \pm 0,01$
$2,03 \pm 0,01$
$2,00 \pm 0,01$
$1,96 \pm 0,01$
$1,98 \pm 0,01$

Таблица 1: Диаметр проволоки

Откуда $d_{\text{ср}} = 1,98 \pm 0,03 \text{ мм}$.

$l, \text{ м}$	$R \pm \Delta R, \text{ Ом}$	$\rho \pm \Delta \rho, \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$
$0,40 \pm 5 * 10^{-4}$	$0,00225 \pm 0,00001$	$0,017 \pm 0,0005$
$0,35 \pm 5 * 10^{-4}$	$0,00200 \pm 0,00001$	$0,018 \pm 0,0005$
$0,30 \pm 5 * 10^{-4}$	$0,00169 \pm 0,00001$	$0,017 \pm 0,0005$
$0,25 \pm 5 * 10^{-4}$	$0,00140 \pm 0,00001$	$0,017 \pm 0,0005$
$0,20 \pm 5 * 10^{-4}$	$0,00107 \pm 0,00001$	$0,017 \pm 0,0005$

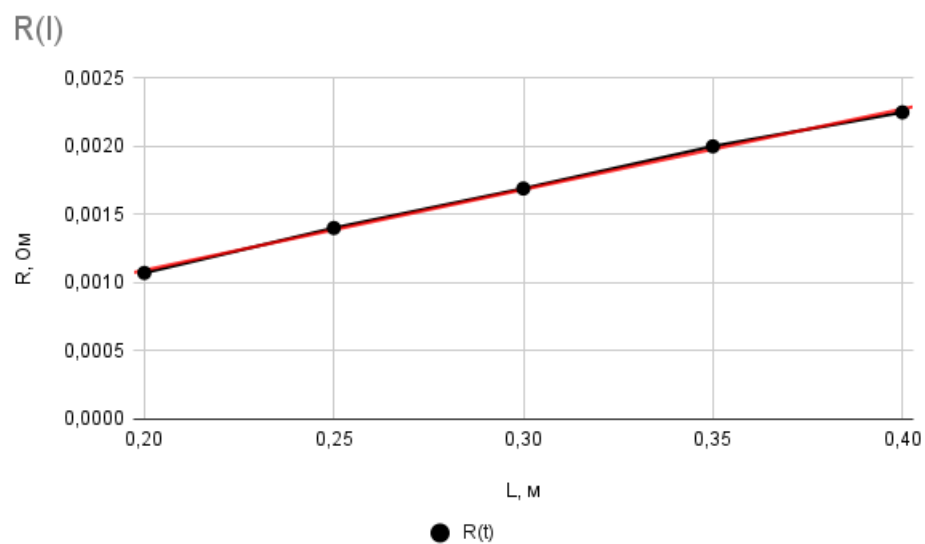


Рис. 3: Зависимость $R(l)$.

Из графика видно, что сопротивление линейно зависит от длины проводника. Собственно, это известно и из формулы (6).

Полученное сопротивление меди совпадает с табличными значениями, потому можно говорить о правильном проведении опыта.