

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования.
«Национально исследовательский университет «МЭИ»
Кафедра ВМСС

Лабораторная работа №7
Цифровой мультиметр
Курс: метрология

Группа: А-08-19

Выполнил:
Балашов С. А.,

Проверил: Герасимов С. И.

Москва, 2021 г.

Пункт 1

Задание. Произвести прямое измерение сопротивления R .

Выполнение. С помощью мультиметра произведём прямое измерение сопротивления R .

Результат. $R = 5.3$ (кОм)

Пункт 2

Задание. По известным метрологическим характеристикам мультиметра рассчитать предельные значения абсолютной погрешности прямого измерения R .

Выполнение. Согласно метрологическим характеристикам мультиметра, абсолютная погрешность прямого измерения сопротивления R находится по формуле: $R_{абс} = \pm(0.8\% \text{ от } R + 2q)$, где $q = 10$ (Ом)

$$R_{абс} = \pm(0.008 * 5.3 * 10^3 + 2 * 10) = \pm 62.4 \text{ (Ом)}$$

Результат. $R_{абс} = \pm 62.4$ (Ом)

Вывод. Любой измерительный прибор обладает определенной погрешностью измерения, называемой инструментальной.

Пункт 3

Задание. Пользуясь эталонным средством измерения (магазин сопротивлений), определить действительное значение погрешности прямого измерения сопротивления R .

Выполнение. Измерив сопротивление магазина сопротивлений с помощью мультиметра, получим следующий результат: $R_0 = 5.25$ (кОм). Далее найдём действительное значение прямого измерения сопротивления R . $\Delta I = R - R_0 = (5.3 - 5.25) * 10^3 = 50$ (Ом)

Результат. $\Delta I = 50$ (Ом)

Вывод. Для калибровки и сопоставления поверки средств измерений используются специальные приборы - эталонные средства измерения. В данном случае, для поверки мультиметра был использован такое средство - магазин сопротивлений.

Пункт 4

Задание. Проверить, не противоречит ли полученное действительное значение погрешности её предельными значениями.

Выполнение. Проверим, лежит ли полученное действительное значение погрешности в интервале $(-|R_{абс}|; |R_{абс}|)$.

$$-64.4 < 50 < 62.4 \text{ - неравенство верное.}$$

Результат. $\Delta I \in (-|R_{абс}|; |R_{абс}|)$

Вывод. Действительное значение погрешности принадлежит посчитанному нами ранее интервалу возможных значений абсолютной погрешности, что говорит об исправности

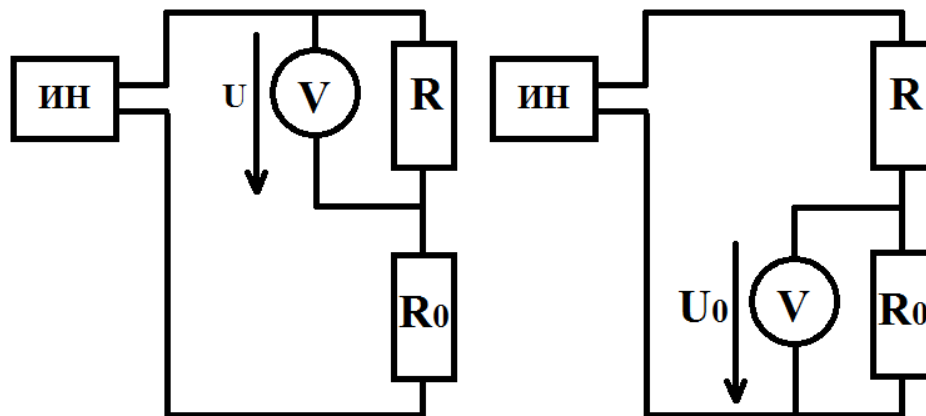
измерительного прибора (так как реальная погрешность не превышает предельно допустимую).

Пункт 5

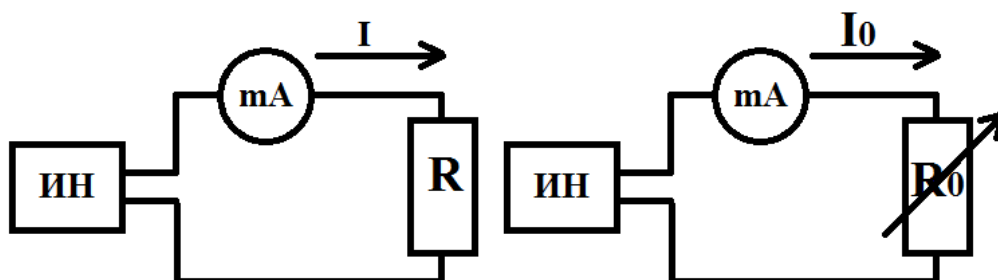
Задание. Выбрать и согласовать с преподавателем какой-либо другой способ измерения R .

Результат. По рекомендации преподавателя был выбран метод косвенного измерения и следующие схемы:

а)



б)



Пункт 6

Задание. По выбранному и согласованному с преподавателем способу произвести измерение R .

Выполнение.

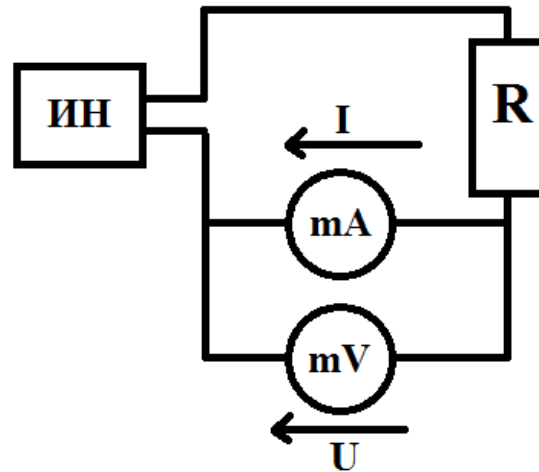
а) Выставив на мультиметре диапазон значений напряжения в 20 В, были получены следующие значения напряжений U и U_0 :

$U = 6.5$ (В), $U_0 = 6.7$ (В).

Согласно расчётной формуле данного метода:

$$R = R_0 * \frac{U}{U_0} = 5.25 * 10^3 * \frac{6.5}{6.7} = 5093.2836 \text{ (Ом)}$$

б) Перед измерением R следует посчитать внутреннее сопротивление мультиметра. Для этого составим следующую схему:



Выставив на мультиметре диапазоны значений напряжения в 200 мВ и значений силы тока в 20 мА, были получены следующие значения U_{mA} и I_{mA} :

$$U_{mA} = 26.75 \text{ (мВ)}, I_{mA} = 2.5 \text{ (мА)}$$

Далее рассчитаем внутреннее сопротивление мультиметра:

$$R_{mA} = \frac{U_{mA}}{I_{mA}} = \frac{25.75 \cdot 10^{-3}}{2.5 \cdot 10^{-3}} = 10.3 \text{ (Ом)}$$

Согласно расчётной формуле данного метода:

$$R = R_0 = 5.25 \text{ (кОм)}$$

Результат. $R = 5.25 \text{ (кОм)}$

Вывод. Не всегда представляется возможным измерить какую-либо величину напрямую, поэтому часто используются косвенные методы измерения этих величин. При этом разные способы косвенного измерения могут давать разные приблизительные результаты.

Пункт 7

Задание. С использованием известных характеристик использованных средств измерения рассчитать предельные значения абсолютной погрешности измерения R по пунктам 5-6.

Выполнение.

а) Зная характеристики использованных средств измерения, найдём инструментальную составляющую погрешности:

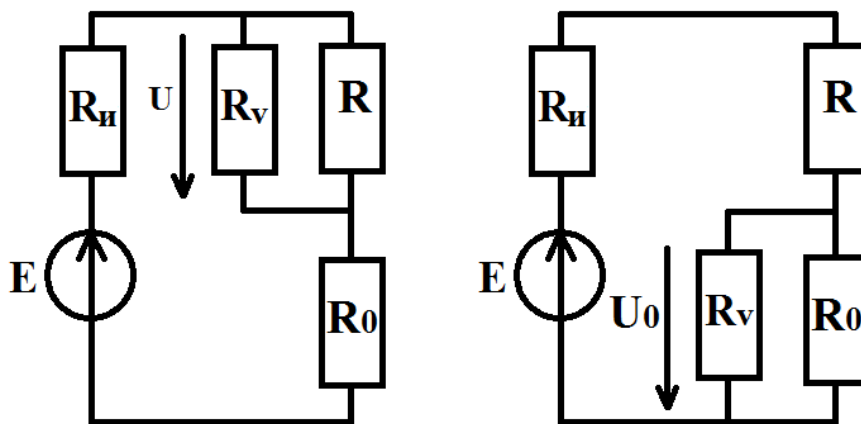
$$\Delta_{\text{инстр}} = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial F}{\partial x_i} \right| * \Delta x_i, \text{ где } F = R = R_0 * \frac{U}{U_0} \text{ (а значит факторов погрешности } n = 3 \text{)}$$

$$\Delta_{\text{инстр}} = \left| \frac{\partial R}{\partial R_0} \right| * \Delta R_0 + \left| \frac{\partial R}{\partial U_0} \right| * \Delta U_0 + \left| \frac{\partial R}{\partial U} \right| * \Delta U = \left| \frac{U}{U_0} \right| * \Delta R_0 + \left| \frac{R_0}{U_0} \right| * \Delta U_0 + \left| \frac{R_0 * U}{U_0^2} \right| * \Delta U =$$

$$= \left| \frac{6.5}{6.7} \right| * 0.002 * 5250 + \left| \frac{5250}{6.7} \right| * (0.005 * 6.7 + 0.02) +$$

$$+ \left| \frac{5250 * 6.5}{6.7^2} \right| * (0.005 * 6.5 + 0.02) = 92.0183 \text{ (Ом)}$$

Методическая составляющая погрешности:



Для схемы слева справедливо равенство:

$$U = E * \frac{R_v R}{R_v R + R_v R_{и} + R_{и} R + R_v R_0 + R R_0}$$

Для схемы справа справедливо равенство:

$$U = E * \frac{R_v * R_0}{R_v R_0 + R_v R_{и} + R_{и} R_0 + R_v R + R R_0}$$

Разделив первое уравнение на второе, получим:

$$\frac{U}{U_0} = \frac{R * (R_v R_0 + R_v R_{и} + R_{и} R_0 + R_v R + R R_0)}{R_0 * (R_v R + R_v R_{и} + R_{и} R + R_v R_0 + R R_0)}$$

$R = R_0 * \frac{U}{U_0}$, а значит методическая составляющая погрешности:

$$\delta_{\text{мет}} = \frac{R_v R_0 + R_v R_{и} + R_{и} R_0 + R_v R + R R_0}{R_v R + R_v R_{и} + R_{и} R + R_v R_0 + R R_0} = \frac{R_0 + R_{и} + \frac{R_{и} R_0}{R_v} + R + \frac{R R_0}{R_v}}{R + R_{и} + \frac{R_{и} R}{R_v} + R_0 + \frac{R R_0}{R_v}} =$$

$$= \frac{5.25 * 10^3 + 100 + \frac{100 * 5.25 * 10^3}{1 * 10^6} + 5093.2836 * 10^3 + \frac{5093.2836 * 10^3 * 5.25 * 10^3}{1 * 10^6}}{5093.2836 * 10^3 + 100 + \frac{100 * 5093.2836 * 10^3}{1 * 10^6} + 5.25 * 10^3 + \frac{5093.2836 * 10^3 * 5.25 * 10^3}{1 * 10^6}} = 0.99990073839 \approx 1 \text{ (%)}$$

$$\Delta_{\text{мет}} = \pm \left(\frac{R * \delta_{\text{мет}}}{100\%} \right) = \pm \left(\frac{5093.2836 * 1\%}{100\%} \right) = \pm 50.9328 \text{ (Ом)}$$

В таком случае:

$$\Delta_R = \pm (|\Delta_{\text{инстр}}| + |\Delta_{\text{мет}}|) = \pm (92.0183 + 50.9328) = \pm 142.9511 \text{ (Ом)}$$

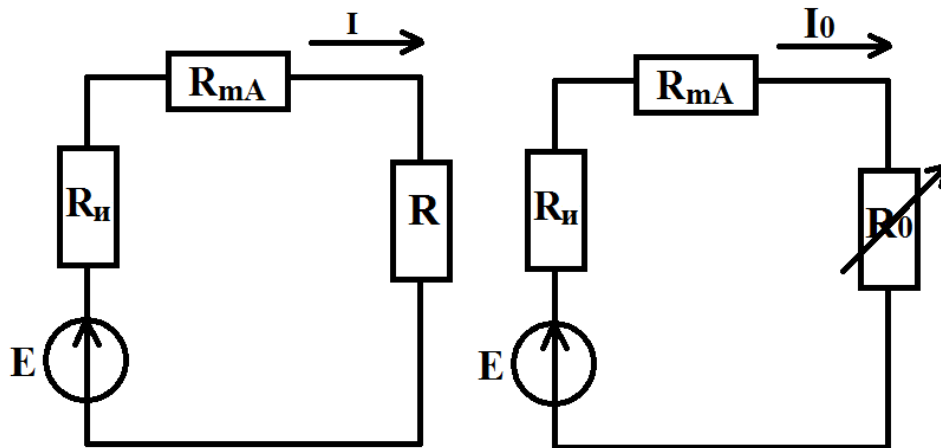
б) Общая погрешность возникает из-за наличия инструментальной и методической погрешностей, поэтому найдём их для каждой из предложенных в пункте 5 схем.

Зная характеристики использованных средств измерения, найдём инструментальную составляющую погрешности:

$$\Delta_{\text{инстр}} = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial F}{\partial x_i} \right| * \Delta x_i, \text{ где } F = R = R_0 \text{ (а значит } n = 1)$$

$$\Delta_{\text{инстр}} = \left| \frac{\partial R}{\partial R_0} \right| * \Delta R_0 = 1 * \Delta R_0 = 1 * 0.002 * 5250 = 10.5 \text{ (Ом)}$$

Методическая составляющая погрешности:



При известном значении $R_{\text{мА}}$ можно исключить методическую погрешность внесением поправки и получить исправленный результат косвенного измерения:

$$R = R - R_{\text{мА}} = 5300 - 10.3 = 5289.7 \text{ (Ом)}$$

В таком случае:

$$\Delta_R = \pm |\Delta_{\text{инстр}}| = \pm 10.5 \text{ (Ом)}$$

Результат. а) $\Delta_R = \pm 142.9511 \text{ (Ом)}$

$$\text{б) } \Delta_R = \pm 10.5 \text{ (Ом)}$$

Вывод. Погрешность в общем случае может иметь много составляющих: методическая, инструментальная, дополнительная температурная, частотная и т.д. погрешности. Для различных методов измерения определенные составляющие становятся главными, при этом общее значение погрешности может сильно варьироваться в зависимости от выбранного метода.

Пункт 8

Задание. Используя результаты пунктов 2 и 7, проверить, укладывается ли расхождение результатов измерения R по пунктам 1 и 6 в диапазон возможных значений этого расхождения.

Выполнение.

В п. 2 было произведено прямое измерение, и интервал возможных значений получился равным $(5300.0 \pm 62.4) \text{ (Ом)}$

В п. 6 было произведено косвенное измерение, и интервал возможных значений получился равным (5090 ± 140) (Ом)

Вывод.

Из этого можно сделать вывод, что интервал косвенного измерения перекрывает интервал прямого измерения.