

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Псковский государственный университет»**

**Передовая инженерная школа гибридных технологий в станкостроении
Союзного государства**

Отчет по лабораторной работе №1

по дисциплине: «Метрологическое обеспечение электрических измерений
ЗФО»

на тему «Исследование методов измерения больших и малых сопротивлений
(метод амперметра и вольтметра)»

Вариант 3

Выполнил

1433-07

Гвоздс С.

Степанов А.С.

Проверил

к.т.н., доцент

Бандурин И.И.

Цель работы:

1. Изучение методов и средств измерения сопротивлений.
2. Ознакомление с методикой измерения сопротивлений приборами непосредственной оценки.

Основные теоретические положения

Измерение сопротивлений представляет собой наиболее обширную область электроизмерительной техники, как в отношении методов измерения, так и используемой аппаратуры.

Разнообразие методов в значительной степени объясняется весьма широким диапазоном величин сопротивлений, которые подлежат измерению (*от 10^{-6} до 10^{+16} Ом*), большим разнообразием объектов измерения, точностью, предъявляемой к измерениям.

Метод амперметра и вольтметра является наиболее легко осуществимым, а потому довольно распространенным.

В зависимости от соотношения сопротивлений измерительного прибора и измеряемого объекта R_x применяют так называемые схемы правильного включения амперметра (рис. 1.1) или вольтметра (рис.1.2)

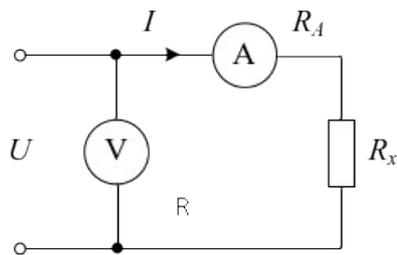


Рис. 1.1. Схема правильного включения амперметра

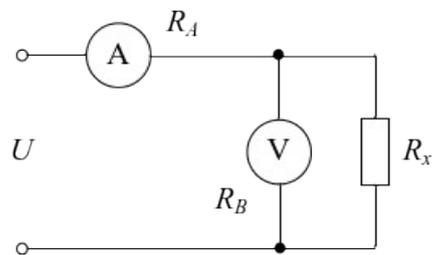


Рис. 1.2. Схема правильного включения вольтметра

В схеме на рисунке 1.1 амперметр подключается последовательно с измеряемым сопротивлением. Вольтметр при этом подключается параллельно амперметру и резистору R_x . Из неизвестных величин (U_x, I_x) только I_x измеряется, верно. Входное напряжение $U = U_x + U_A$ превышает истинное значение U_x на $U_A = I_x \cdot R_A$. Это - методическая погрешность, которая снижается при $R_A \rightarrow 0$.

Вариант схемы (рис.1.2) отличается тем, что вольтметр подключается параллельно резистору R_x . Из неизвестных величин (U_x, I_x) правильно измеряется только напряжение U_x . Общий ток при этом $I = I_x + I_V$ превышает истинное значение на величину тока, текущего через вольтметр $I_V = U_x / R_V$. Методическая погрешность в этом случае тем меньше, чем больше R_V .

Величина сопротивления, вычисленная по показаниям приборов, отличается от его действительного значения. Эта погрешность может быть учтена, если известны сопротивления приборов. Сопротивление, подсчитанное по показаниям приборов.

$$R'_x = \frac{U}{I}. \quad (1.1)$$

Относительная погрешность измерения для схемы (рис. 1.1)

$$\delta = \frac{\Delta R \cdot 100\%}{R_x} = \frac{R_A}{R_x} \cdot 100\%. \quad (1.2)$$

Из последнего выражения видно, что эта схема более пригодна для измерения больших сопротивлений по сравнению с сопротивлением амперметра.

Для схемы (рис. 1.2) справедливы равенства

$$R_x = \frac{U}{I - I_V}; \quad (1.3)$$

$$\Delta R = R'_x - R_x; \quad (1.4)$$

$$\delta = \frac{R_x}{R_x + R_V} \cdot 100\%. \quad (1.5)$$

Выражение для относительной погрешности δ показывает, что эту схему целесообразно применять для измерения сопротивлений, малых по сравнению с сопротивлением вольтметра.

Точность метода амперметра и вольтметра сравнительно невелика, но он достаточно часто используется для оценки величины измеряемого сопротивления.

Описание лабораторной установки

В данной лабораторной работе измерение сопротивлений осуществляется методами непосредственной оценки. С этой целью на виртуальном лабораторном стенде (рис.1.3) смоделированы управляемый выпрямитель, измерительные приборы магнитоэлектрической системы и органы управления

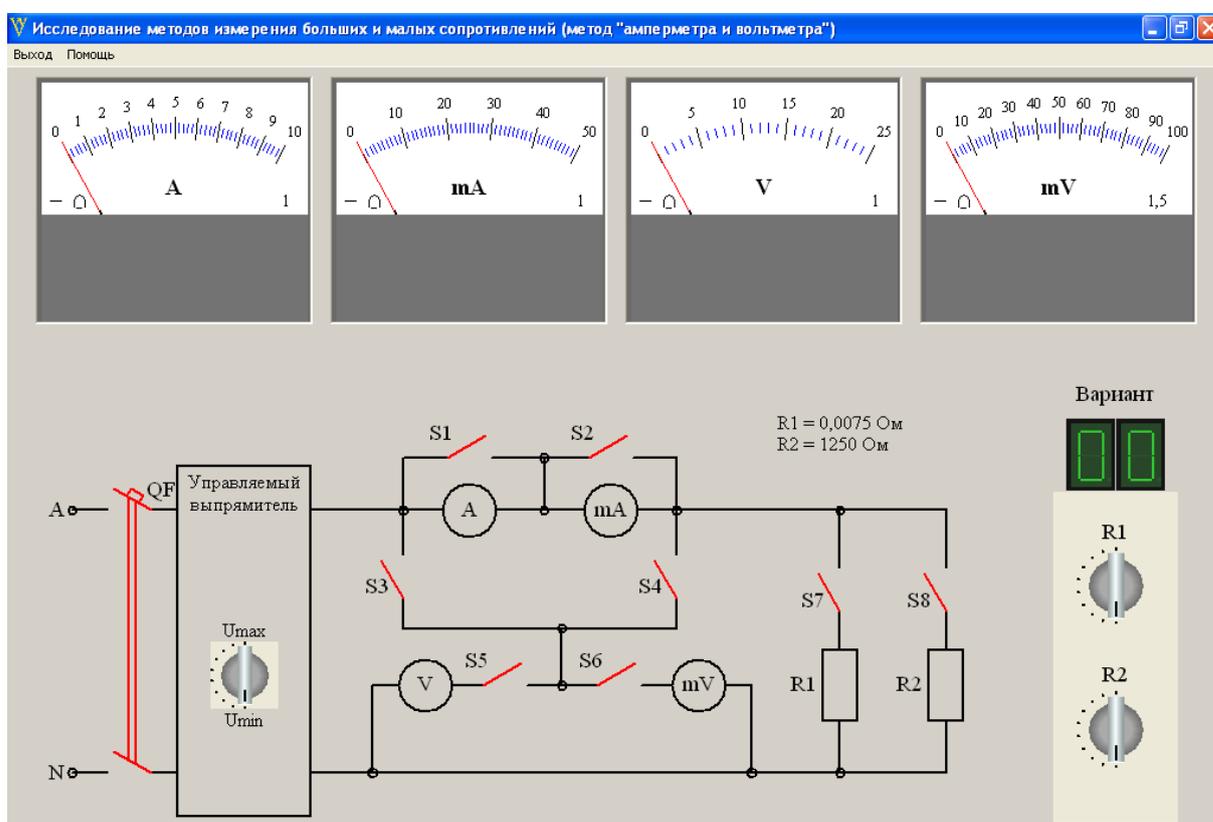


Рис.1.3. Общий вид виртуального лабораторного стенда

Подготовка к работе

1. Для схем рис.1.1 и рис.1.2 записать выражения для определения величины сопротивления по показаниям амперметра и вольтметра, и мощности, рассеиваемой сопротивлением при известном номинальном токе I_n и номинальном напряжении U_n .

1.1 В схеме, изображенный на рис.1.1, показания вольтметра U_v равны сумме напряжений на сопротивлении R_x и на амперметре U_a . В этом случае

измеряемое сопротивление определяется по формуле: (1.6)

$$R_x = \frac{U_v - U_a}{I_a} = \frac{U_v - I_a R_a}{I_a} = \frac{U_v}{I_a} - R_a. \quad (1.6)$$

1.2 В схеме, изображенный на рис.1.2, показание амперметра I_a равно сумме токов в сопротивлении R_x и вольтметре I_v , следовательно, измеряемое сопротивление определяется по формуле (1.7):

$$R_x = \frac{U_v}{I_a - I_v} = \frac{U_v}{I_a - \frac{U_v}{R_v}}. \quad (1.7)$$

1.3 В схеме, изображенный на рис.1.1, показания амперметра I_a равно току проходящему через резистор I_x . По формуле (1.6) определяем сопротивление R_x , следовательно, мощность рассеивания резистора определяем по формуле (1.8):

$$P_x = I_x R_x \cdot I_x = U_x \cdot I_x. \quad (1.8)$$

1.4 В схеме, изображенный на рис.1.2, показания вольтметра U_v равно напряжению, проходящему через резистор U_x , потому что они

параллельны. По формуле (1.7) определяем сопротивление R_x , следовательно, мощность рассеивания резистора определяем по формуле (1.9):

$$P_x = \frac{U_x}{R_x} \cdot U_x = I_x \cdot U_x. \quad (1.9)$$

2. Вывести выражения для определения относительных погрешностей измерения сопротивлений для схем рис.1.1 и 1.2, если известны значения сопротивлений вольтметра R_v , амперметра R_a и действительные значения сопротивлений R_x .

2.1 Для схемы, изображенный на рис.1.1 измеренное сопротивление будет равно сумме сопротивлений R_a и R_x , так как они последовательны. Следовательно, для определения абсолютной погрешности используем формулу (2.0):

$$\Delta R = R'_x - R_x, \quad (2.0)$$

где R'_x - измеренное сопротивление, R_x - истинное сопротивление.

2.2 Формула относительной погрешности определяется по формуле (2.1):

$$\delta = \frac{\Delta R}{R_x} \cdot 100\%. \quad (2.1)$$

2.3 Для схемы, изображенный на рис.1.2 измеренное сопротивление будет равно значению, которая эквивалентна сопротивлениям R_v и R_x , так как они параллельны. Следовательно, для определения абсолютной погрешности используем формулу (2.2):

$$\Delta R = \frac{R_v \cdot R_x}{R_v + R_x} - R_x = R'_x - R_x, \quad (2.2)$$

где R'_x - измеренное сопротивление, R_x - истинное сопротивление.

2.4 Формула относительной погрешности определяется по формуле (2.1).

3. Рассчитать относительные погрешности измерения сопротивлений R_x для заданных в таблице 1 вариантов.

Таблица 1

Заданный параметр	Ед.измерения	Номер варианта
		3
R_v	кОм	600
R_a	Ом	0,002
R_x (рис.1.1)	кОм	4
R_x (рис.1.2)	Ом	0,4

3.1 Для определения погрешности R_x (рис.1.1) справедливы формулы (2.0) и (2.1):

$$\Delta R = (R_a + R_x) - R_x = (0,002 + 4000) - 4000 = 0,002 \text{ Ом};$$

$$\delta = \frac{\Delta R}{R_x} \cdot 100\% = \frac{0,002}{4000} \cdot 100 = 0,00005\%.$$

3.2 Для определения погрешности R_x (рис.1.2) справедливы формулы (2.1) и (2.2):

$$\Delta R = \frac{R_v \cdot R_x}{R_v + R_x} - R_x = \frac{600000 \cdot 0,4}{600000 + 0,4} - 0,4 = -2,6 \cdot 10^{-7} \text{ Ом};$$

$$\delta = \frac{\Delta R}{R_x} \cdot 100\% = \frac{-2,6 \cdot 10^{-7}}{0,4} \cdot 100 = 0,000065\%.$$

Рабочее задание

1. Внимательно изучить общий вид виртуального лабораторного стенда.

2. С помощью интерактивных коммутационных элементов смоделировать схему для измерения большого сопротивления (см. рис.1.1). В схеме использовать приборы: вольтметр с пределом измерения 25 В и миллиамперметр с пределом измерения 50 мА . Произвести измерения при пяти значениях напряжения. Результаты измерений занести в таблицу 2.

3. С помощью интерактивных коммутационных элементов смоделировать ошибочную схему для измерения большого сопротивления (см. рис.1.2). В схеме использовать те же приборы, что и в предыдущем пункте. Произвести измерения при пяти значениях напряжения. Результаты измерений занести в таблицу 1.2.

4. С помощью интерактивных коммутационных элементов смоделировать схему для измерения малого сопротивления (см. рис.1.2). В схеме использовать амперметр с пределом измерения 10 А и милливольтметр с пределом измерения 100 мВ . Измерения произвести при пяти значениях напряжения. Результаты измерений занести в таблицу 1.2.

5. С помощью интерактивных коммутационных элементов смоделировать ошибочную схему для измерения малого сопротивления (см. рис.1.1). В схеме использовать те же приборы, что и в предыдущем пункте.

Произвести измерения при пяти значениях напряжения. Результаты измерений занести в таблицу 1.2.

Дано:

- $R_v = 600 \text{ кОм};$
- $R_a = 0.002 \text{ Ом};$
- $R_n(\text{рис1.1}) = 416 \text{ Ом};$
- $R_n(\text{рис1.2}) = 0,0225 \text{ Ом}.$

В таблице 2 представлены экспериментально полученные и обработанные данные величин напряжения, тока и сопротивления.

Таблица 2

№ п/п	Большое сопротивление						Малое сопротивление					
	Схема рис.1.1			Схема рис.1.2			Схема рис.1.2			Схема рис.1.1		
	<i>U</i>	<i>I</i>	<i>R</i>	<i>U</i>	<i>I</i>	<i>R</i>	<i>U</i>	<i>I</i>	<i>R</i>	<i>U</i>	<i>I</i>	<i>R</i>
	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>Ом</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>Ом</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>Ом</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>Ом</i>
1	2,5	0,006	416,6	2,5	0,006	416,6	0,02	1	0,02	0,025	1	0,025
2	5	0,012	416,6	5	0,014	357,1	0,04	1,8	0,022	0,05	1,8	0,027
3	7,5	0,019	394,7	8	0,021	380,9	0,06	2,6	0,023	0,075	2,7	0,027
4	10	0,025	400	10,5	0,028	375	0,08	3,5	0,022	0,1	3,5	0,028
5	12,5	0,032	390,6	13	0,035	371,4	0,1	4,3	0,023	0,125	4,3	0,029
R_{cp}	403,7			380,2			0,022			0,027		

6. На основании опытных данных рассчитать величины измеренных сопротивлений. Вычислить среднее арифметическое значение сопротивления.

6.1 Пример расчета сопротивления по формуле для строки 1 таблицы 2.

$$R = \frac{U}{I} = \frac{2.5}{0.006} = 416,6 \text{ Ом}$$

6.2 Пример расчета R_{cp} для строки 6 таблицы 2.

$$R_{cp} = \frac{\sum R}{n} = \frac{416,6 + 416,6 + 394,7 + 400 + 390,6}{5} = 403,7 \text{ Ом}$$

7. Зная действительные значения сопротивлений (заданный вариант) определить абсолютные и относительные погрешности их измерений с помощью схем рис. 1.1 и 1.2.

7.1 Для рис. (1.1) и (1.2) для большого сопротивления абсолютную погрешность измерения вычисляем по формуле (1.4):

Для рис. (1.1):

$$\Delta R = R'_x - R_x = 403,7 - 416 = -12,3 \text{ Ом.}$$

Для рис. (1.2):

$$\Delta R = 380,2 - 416 = -35,8 \text{ Ом.}$$

7.2 Абсолютную погрешность измерения вычисляем по формуле (1.4) для рис. (1.1) и (1.2) для маленького сопротивления:

Для рис. (1.1):

$$\Delta R = 0,027 - 0,0225 = 0,0045 \text{ Ом}.$$

Для рис. (1.2):

$$\Delta R = 0,022 - 0,0255 = -0,0005 \text{ Ом}.$$

7.3 Относительную погрешность измерения вычисляем по формуле (1.2) для рис. (1.1) для большого и маленького сопротивления.

Для большого сопротивления:

$$\delta = \frac{\Delta R \cdot 100\%}{R_x} = \frac{-12,3 \cdot 100}{416} = -2,95\%.$$

Для маленького сопротивления:

$$\delta = \frac{-0,0045 \cdot 100}{0,0255} = 20\%.$$

7.4 Относительную погрешность измерения вычисляем по формуле (1.5) для рис. (1.2) для большого и маленького сопротивления.

Для большого сопротивления:

$$\delta = \frac{R_x}{R_x + R_V} \cdot 100\% = \frac{416}{416 + 600000} \cdot 100 = 0,069\%.$$

Для маленького сопротивления:

$$\delta = \frac{0,0225}{0,0225 + 600000} \cdot 100 = 3,74 \cdot 10^{-6}\%.$$

Выводы:

Схему изображенную на рис. 1.1 правильно применять при измерении больших сопротивлений, когда измеряемое сопротивление амперметра ($R_x \gg R_a$), так как амперметр и измеряемое сопротивление последовательны, то падением напряжения на амперметре можно пренебречь. Это видно по полученным результатам абсолютной и относительной погрешности: $\Delta R = -2,2 \text{ Ом}$ и $\delta \cong -0,352\%$.

Схему изображенную на рис. 1.1 не правильно применять при измерении малых сопротивлений так как необходимо вносить поправку на сопротивление амперметра. Это видно по полученным результатам абсолютной и относительной погрешности: $\Delta R = -0,0054 \text{ Ом}$ и $\delta \cong -36\%$.

Схему изображенную на рис. 1.2 правильно применять при измерении малых сопротивлений ($R_x \ll R_v$), так как вольтметр и измеряемое сопротивление параллельны, то их эквивалентное сопротивление будет близкое к истинному. Это видно по полученным результатам абсолютной и относительной погрешности: $\Delta R = -0,0004 \text{ Ом}$ и $\delta \cong 5 \cdot 10^{-6}\%$.

Схему изображенную на рис. 1.2 не правильно применять при измерении больших сопротивлений так как необходимо вносить поправку на сопротивление вольтметра. Это видно по полученным результатам абсолютной и относительной погрешности: $\Delta R = -94,9 \text{ Ом}$ и $\delta \cong 0,207\%$.