

Ярославский государственный педагогический
университет им. К. Д. Ушинского

М.Л. Игольников

Лабораторная работа № 3А

Измерение сопротивлений
методом
вольтметра-амперметра

Ярославль
2009

Оглавление

| | |
|---|----|
| 1. Цель работы | 3 |
| 2. Подготовка к лабораторной работе | 3 |
| 3. Краткая теория | 4 |
| 4. Описание экспериментальной установки | 7 |
| 5. Задание и порядок его выполнения | 9 |
| 6. Содержание отчёта | 11 |

Лабораторная работа № 3А

Измерение сопротивлений методом вольтметра-амперметра

1. Цель работы

1. Изучить метод вольтметра-амперметра для измерения сопротивлений на постоянном токе.
2. Приобрести навыки в проведении измерений сопротивлений резисторов указанным методом,
3. Экспериментально проверить точность метода путём сопоставления результатов измерений с номинальными значениями сопротивлений резисторов.
4. Приобрести навыки количественной оценки точности результатов измерений и расчётов.

2. Подготовка к лабораторной работе

1. Уясните цель и содержание работы.
2. Изучите рекомендуемую литературу:
Р.В. Телеснин и В.Ф. Яковлев "Курс физики", Электричество, М., 1970, §47, 48, 49, 50, 54, 57, 58,
С.Г. Калашников "Электричество", М., 1977, §57-60, 70.
Настоящее руководство к лабораторной работе.
3. Дайте ответы на контрольные вопросы:
 - Объясните сущность метода измерения сопротивлений с помощью вольтметра и амперметра. Приведите возможные схемы включения приборов. Выведите расчётные формулы.

- Оцените возможные систематические погрешности измерения сопротивлений методом вольтметра-амперметра для двух возможных схем включения приборов, если измеряемое сопротивление рассчитывается по формуле

$$R = \frac{U}{I},$$

где U и I показания соответствующих приборов. Какой из схем следует отдать предпочтение при измерении малых и при измерении больших сопротивлений.

- Как рассчитать максимальную абсолютную погрешность электроизмерительного прибора?
4. Изучите принципиальную схему лабораторной установки, ознакомьтесь с приданными к ней приборами, уясните назначение элементов схемы и методику измерений.
 5. Повторите правила техники безопасности.

3. Краткая теория

Изучение сопротивлений на постоянном токе с помощью вольтметра и амперметра.

Эти измерения можно производить по двум схемам, показанным на рисунках 3.1 и 3.2.

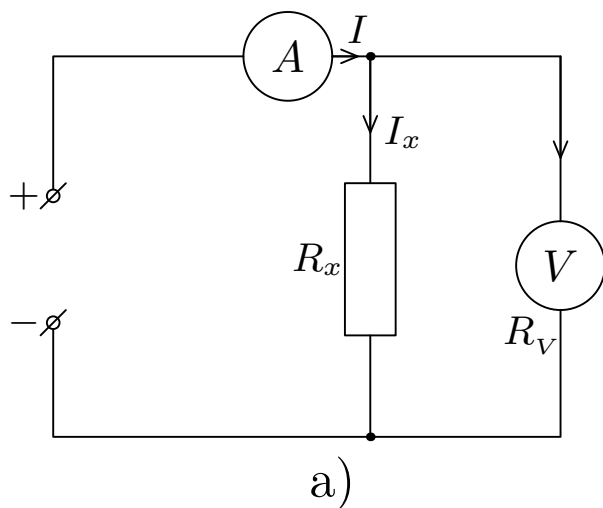


Рис. 3.1

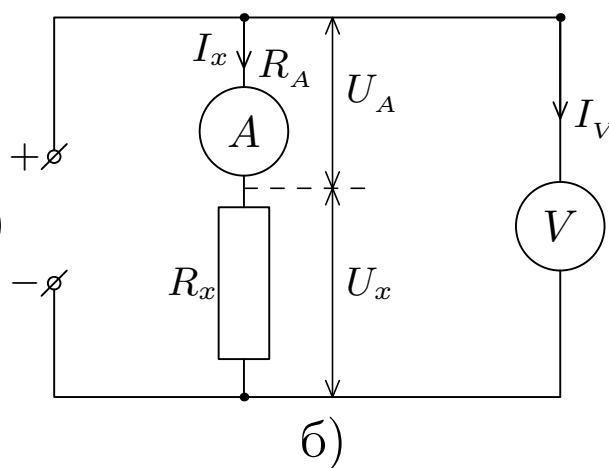


Рис. 3.2

Ценность этих систем заключается в том, что по элементу электрической цепи, сопротивление которого измеряется, можно пропустить такой же ток, как и в условиях его работы, очень важно при измерениях сопротивлений, значения которых зависят от тока.

Идея косвенного измерения сопротивления амперметром и вольтметром основана на использовании закона Ома для участка цепи, не содержащей источника ЭДС, т.е. измеряемое сопротивление подсчитывается по величинам напряжения и тока:

$$R'_x = \frac{U}{I}, \quad (3.1)$$

где U и I показания вольтметра и амперметра. При этом получается лишь приближенное значение измеряемого сопротивления, т.к. в случае схемы **а)** рис. 3.1 амперметр измеряет суммарный ток исследуемого элемента цепи и вольтметра:

$$I = I_x + I_v > I_x, \quad (3.2)$$

а в случае схемы **б)** рис. 3.2 вольтметр измеряет суммарное напряжение амперметра и исследуемого элемента цепи:

$$U = U_a + U_x > U_x. \quad (3.3)$$

Действительное значение сопротивления R_x определяется так:

для схемы **а)** рис. 3.1:

$$R_x = \frac{U}{I_x} = \frac{U}{I - I_v} = \frac{U}{I - \frac{U}{R_v}}, \quad (3.4)$$

для схемы **б)** рис. 3.2:

$$R_x = \frac{U_x}{I} = \frac{U - U_a}{I} = \frac{U - IR_a}{I}. \quad (3.5)$$

Как видно из выражений (3.4) и (3.5), при подсчёте величины искомого сопротивления по приближённой формуле (3.1), будет иметь место погрешность.

Так как в практике измерений сопротивлений этим методом подсчёт сопротивлений часто производят по приближённой формуле (3.1), то необходимо знать, какую схему следует выбрать для того, чтобы величина погрешности была невелика.

Рассмотрим выражения для относительных погрешностей обеих схем. Для схемы **а)** рис. 3.1 погрешность равна:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{R'_x - R_x}{R_x} = \frac{\frac{R_x \cdot R_V}{R_x + R_V} - R_x}{R_x} = \\ &= \frac{R_V}{R_x + R_V} - 1 = \frac{R_V - R_x - R_V}{R_x + R_V} = \frac{-R_x}{R_x + R_V}. \end{aligned} \quad (3.6)$$

Замечание:

$$R_x = \frac{R_x \cdot R_x}{R_x + R_x},$$

т.к. R_x и R_V соединены параллельно.

Для схемы **б)** рис. 3.2 относительная погрешность определяется выражением:

$$\varepsilon = \frac{R'_x - R_x}{R_x} = \frac{R_x + R_a - R_x}{R_x} = \frac{R_a}{R_x}. \quad (3.7)$$

Замечание:

$$R'_x = R_x + R_a,$$

т.к. R_x и R_a соединены последовательно.

Из выражений (3.6) и (3.7) вытекают следующие **выводы:**

1. схема **а)** рис. 3.1 при использовании приближённой формулы (3.1) даёт заниженную величину измеряемого сопротивления по сравнению с его действительным значением. При этом погрешность тем меньше чем больше сопротивление вольтметра R_V по сравнению с измеряемым сопротивлением. Поэтому пользоваться схемой **а)** рис. 3.1 следует в тех случаях, когда

$$R_V \gg R_x.$$

2. схема **б)** рис. 3.2 при расчёте по формуле (3.1) даёт завышенную величину измеряемого сопротивления по сравнению с его действительным значением. При этом погрешность тем меньше, чем меньше сопротивление амперметра R_a по сравнению с измеряемым сопротивлением. Поэтому пользоваться схемой **б)** рис. 3.2 следует в

тех случаях когда

$$R_a \ll R_x .$$

Именно поэтому в большинстве случаев практики схему **а**) рис. 3.1 применяют для измерений малых сопротивлений, а схему **б**) рис. 3.2 для измерения средних и больших сопротивлений.

Вместе с тем следует иметь в виду, что для любого значения R_x при определённом соотношении сопротивлений R_x , R_a и R_v , схема включения приборов не влияет на величину погрешности. Это имеет место для такого значения R_x , при котором абсолютные значения погрешностей, вычисленные по формуле (3.6) и (3.7), равны между собой

$$\frac{R_x}{R_x + R_v} = \frac{R_a}{R_x} .$$

Из этого условия получаем

$$R_x^2 - R_a R_x - R_a R_v = 0 .$$

Решая это квадратное уравнение и пренебрегая величиной R_a^2 по сравнению с $4R_a R_v$ и величиной $R_a/2$ по сравнению с $\sqrt{R_a R_v}$, что можно сделать ввиду малости сопротивления амперметра, найдём что

$$R_x \approx \sqrt{R_a R_v} . \quad (3.8)$$

Очевидно, что при соблюдении условия (3.8), выбор любой из двух схем включения приборов практически безразличен и произволен.

4. Описание экспериментальной установки

Принципиальная схема установки для измерения сопротивлений на постоянном токе вольтметром-амперметром представлена рис. 4.1.

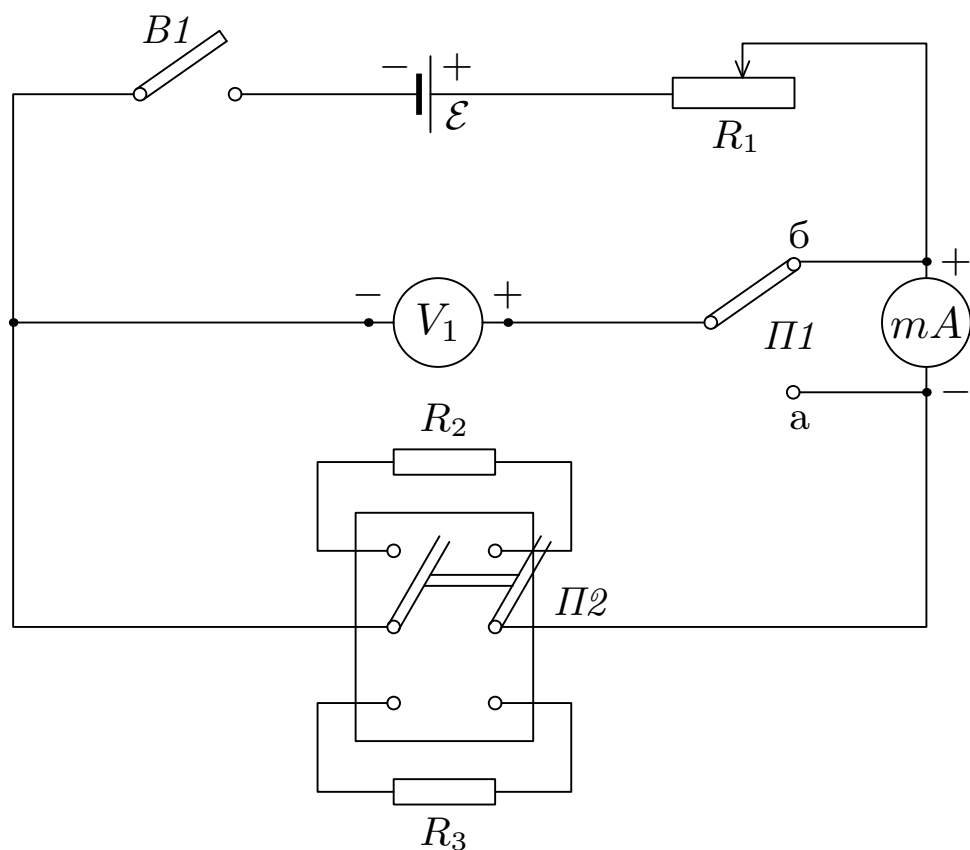


Рис. 4.1

В состав экспериментальной установки входят:

- источник постоянного тока с ЭДС E порядка $0,5\text{ В}$,
- выключатель однополюсный $B1$ на источнике питания,
- реостат ползунковый R_1 на 500 Ом ,
- вольтметр,
- переключатель однополюсной на два положения $\Pi 1$,
- миллиамперметр,
- переключатель двухполюсной на два положения $\Pi 2$,
- резистор R_2 ,
- резистор R_3 .

5. Задание и порядок его выполнения

Реостат R_1 служит для регулирования силы тока в измерительной цепи.

Резисторы R_2 и R_3 являются субъектами, сопротивление которых под-лежит измерению. Такую же роль выполняет и магазин сопротивлений.

Конструктивно резисторы R_2 и R_3 расположены на панели переключателя $П1$, который обеспечивает поочерёдное включение их в измерительную схему. При необходимости переключатель $П2$ с резисторами R_2 и R_3 заменяется магазином сопротивлений.

Переключатель $П1$ позволяет реализовать две возможные схемы измерения сопротивлений методом вольтметра-амперметра (см. схемы на рис. 3.1 и рис. 3.2).

5. Задание и порядок его выполнения

1. Собрать схему исследования (рис. 4.1) и получить разрешение на проведение измерений.
2. Составить перечень используемых электроизмерительных приборов в установке и записать их технические характеристики:

Таблица 1

| № п/п | Наименование приборов и его назначение в схеме | Заводской номер прибора | Система и тип прибора | Класс точности | Пределы измерения и цена деления | Абсолютная погрешность | Сопротивление прибора |
|-------|--|-------------------------|-----------------------|----------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------|
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |

3. Рассчитать абсолютные погрешности измерительных приборов для используемых в работе пределов измерения, определить цену деления соответствующих шкал и занести их в таблицу 1.
4. Произвести однократные косвенные измерения сопротивлений резисторов R_2 и R_3 по схемам **а)** и **б)**. Экспериментальные данные занести в таблицу 2.

Таблица 2

| Схема А | | | | | | | | Схема Б | | | | | | | |
|---------|-----|-----|------|-------|-----|-----|------|---------|-----|-----|------|-------|-----|-----|------|
| R_2 | | | | R_3 | | | | R_2 | | | | R_3 | | | |
| U | | I | | U | | I | | U | | I | | U | | I | |
| дел | B | дел | mA | дел | B | дел | mA | дел | B | дел | mA | дел | B | дел | mA |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

5. Рассчитать величины измеренных сопротивлений резисторов по приближённой формуле (3.1) и точным формулам (3.4) и (3.5) для схем **а)** и **б)** соответственно. Определить погрешности косвенных измерений. Результаты расчётов занести в таблицу 3.

Таблица 3

| Схема | Резистор | Номинальное значение сопротивления резистора | | | Расчётное значение сопротивлений резисторов | | | | | |
|-------|----------|--|--------------------|-----------------------------|---|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| | | R_i Ом | ΔR_i Ом | $\frac{\Delta R_i}{R_i} \%$ | по точной формуле | | | по приближённой формуле | | |
| | | | | | R_{xi} Ом | ΔR_{xi} Ом | $\frac{\Delta R_{xi}}{R_{xi}} \%$ | R_{xi} Ом | ΔR_{xi} Ом | $\frac{\Delta R_{xi}}{R_{xi}} \%$ |
| А | R_2 | | | | | | | | | |
| | R_3 | | | | | | | | | |
| Б | R_2 | | | | | | | | | |
| | R_3 | | | | | | | | | |

6. По данным таблицы 3 дать аргументированное заключение о применимости исследованных схем для измерения сопротивлений на постоянном токе вольтметром и амперметром.
7. С разрешения преподавателя или лаборанта разобрать экспериментальную установку.

6. Содержание отчёта

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Принципиальная схема экспериментальной установки (рис. 4.1)
3. Перечень использованных в работе измерительных приборов и их технические данные (таблица 1).
4. Таблицы экспериментальных и расчётных данных (2 и 3), а также содержание расчётов сопротивлений и соответствующих погрешностей.
5. Краткие выводы с анализом полученных результатов.
6. Дата выполнения работы и подпись исполнителя.