

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра общей физики

Е.В. ШАБУНИО, Н.А. МАНАКОВ

ВВОДНАЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 200 ПО
электричеству

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2007

УДК 531(076.5)
ББК 22.2 я 73

Ш 13

Рецензенты:

Старший преподаватель Михайличенко А.В., старший преподаватель
Чакак А.А.

Ш 13 Шабунио Е.В.
Вводная: методические указания к лабораторной работе №200 по
электричеству /Е.В.Шабунио, Н.А.Манаков. - Оренбург: ГОУ
ОГУ, 2007. – 15с.

Методические указания предназначены для студентов дневного, вечернего и заочного факультетов технических специальностей для выполнения лабораторной работы №200 "Вводная".

ББК 22.2 я 73

© Шабунио Е.В.

Манаков Н.А., 2007© ГОУ ОГУ, 2007

Содержание

1 Назначение и характеристики электроизмерительных приборов.....	6
2 Измерение сопротивления с помощью амперметра и вольтметра.....	8
ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	12
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	16
Список использованных источников.....	17

1 Лабораторная работа № 200. Вводная

Цель работы:

- 1 Подготовить студента к выполнению цикла лабораторных работ по электричеству и магнетизму.
- 2 Познакомиться с характеристиками электроизмерительных приборов.
- 3 Изучить метод измерения сопротивления с помощью вольтметра и амперметра.
- 4 Измерить этим методом сопротивление проволочного образца.

1 Назначение и характеристики электроизмерительных приборов

Электроизмерительные приборы, как следует из самого названия, служат для измерения электрических величин: силы тока, напряжения, сопротивления, индуктивности, ёмкости и т.п. Особенно широко в нашем лабораторном практикуме применяются амперметры и вольтметры, используемые для измерения, соответственно, силы тока и напряжения.

Амперметры включают в цепь последовательно, вольтметры - параллельно. Включение прибора в цепь всегда приводит к некоторому перераспределению токов и напряжений в исследуемой цепи. Чтобы влияние прибора на цепь было небольшим (перераспределения тока и напряжения в цепи пренебрежимо малыми), амперметр должен обладать небольшим сопротивлением, а вольтметр, наоборот, очень большим сопротивлением.

Для успешной работы с прибором надо знать его метрологические характеристики. Некоторые из них рассмотрены ниже, с другими (по указанию преподавателя) необходимо познакомиться в процессе выполнения лабораторных работ.

По роду цепи, в которой может быть применен прибор, различают:

- 1 приборы для измерения только в цепи постоянного тока;
- 2 приборы для измерения в цепях постоянного и переменного токов;
- 3 приборы для измерения только в цепи переменного тока.

Диапазон измерения (рабочая часть шкалы) - область значений измеряемой величины, в пределах которой ошибка прибора не превосходит предельно допустимого значения, например, наибольшую абсолютную ошибку.

Нижний предел измерения - значение нижней границы диапазона измерения.

Верхний предел измерения - значение верхней границы диапазона измерения. Например, диапазон измерения амперметра 0 - 10 А. Значит нижний предел измерения ноль, верхний - 10 А.

Количество диапазонов измерения. Приборы с одним диапазоном измерения называются однопределными, с двумя - двух пределными, с тремя - трех пределными и т.д. Переход от одного диапазона к другому выполняется переключением специального переключателя или подключением к различным клеммам.

Цена деления C - это характеристика прибора, численно равна значению измеряемой величины, вызывающей изменение отклонения стрелки (указателя) на одно деление шкалы прибора. У многопределных приборов цена деления изменяется при переходе от одного диапазона к другому. Например, имеется трех пределный амперметр с диапазонами измерений 0 - 1 А, 0 - 2 А, 0 - 5 А. Шкала содержит 100 делений. Цена деления находится следующим образом:

$$C_1 = 1 \text{ А} / 100 \text{ дел} = 0,01 \text{ А/дел для первого};$$

$$C_2 = 2 \text{ А} / 100 \text{ дел} = 0,02 \text{ А/ дел для второго};$$

$$C_3 = 5 \text{ А} / 100 \text{ дел} = 0,05 \text{ А/дел для третьего диапазона}.$$

Значение измеряемой прибором величины находится, как произведение цены деления на количество делений, показываемое стрелкой (указателем) прибора.

Например, пусть выше рассмотренный амперметр включен в электрическую цепь. На приборе установлен третий диапазон измерения 0 - 5 А. Стрелка прибора отклонилась на 40 делений ($n = 40$ дел). В этом случае цена деления $C = C_3 = 0,05$ А/дел. Поэтому прибор показывает силу тока I , равную

$$I = C \cdot n = 0,05 \text{ А/дел} \times 40 \text{ дел} = 2 \text{ А}.$$

Класс точности γ характеризует пределы допустимых ошибок при правильном измерении исправным прибором. В простейшем случае класс точности определяется, как умноженное на 100 отношение наибольшей допустимой ошибки к верхнему пределу измерения:

$$\gamma = 100 \frac{\Delta x_m}{x_g}, \quad (1)$$

где x_g - верхний предел измерения, Δx_m - наибольшая допустимая абсолютная ошибка прибора.

Широко распространены приборы с классом точности 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4. Значение класса точности указывается на шкале прибора.

Очевидно, если прибор вольтметр, то для него в (1) вместо Δx_m и x_g надо писать, ΔU_m и U_g , а для амперметра - ΔI_m и I_g , потому что напряжение принято обозначать U , а силу тока I .

Зная класс точности, можно вычислить наибольшую абсолютную ошибку Δx_m , допустимую для данного прибора:

$$\Delta x_m = \gamma \frac{x_\epsilon}{100}. \quad (2)$$

Нельзя отождествлять Δx_m с реальной ошибкой, допускаемой прибором при конкретном измерении. Реальная ошибка равна разности между значением, показываемым прибором, и истинным значением измеряемой величины. Она может колебаться от $-\Delta x_m$ до $+\Delta x_m$. Введенная ранее (смотри "Вводную лабораторную работу" по механике) **стандартная приборная ошибка** $\sigma_{пр}$ определяется, как среднеквадратическое значение реальных приборных ошибок. Она примерно равна половине наибольшей абсолютной ошибке:

$$\sigma_{пр} \approx 0,5 \Delta x_m = 0,5 \gamma \frac{x_\epsilon}{100} = \gamma \frac{x_\epsilon}{200}. \quad (3)$$

Для наглядности будем в дальнейшем стандартную приборную ошибку амперметра обозначать просто ΔI , вольтметра, как ΔU :

$$\Delta I = \gamma \frac{I_\epsilon}{200}, \quad \Delta U = \gamma \frac{U_\epsilon}{200}. \quad (4)$$

При отсчетах показаний прибора надо следить за тем, чтобы луч зрения был перпендикулярен шкале, округляя "на глаз" положение стрелки с точностью до 1 - 2 десятых долей деления. Для облегчения установки глаза шкалы многих приборов снабжены зеркалом. В этом случае при отсчете глаз располагается так, чтобы стрелка прибора закрывала свое изображение в зеркале.

На шкале прибора кроме делений нанесено еще ряд символов, отражающих характеристики прибора. В качестве примера в таблице, приведенной ниже, перечислены некоторые характеристики и соответствующие им символы.

2 Измерение сопротивления с помощью амперметра и вольтметра

Когда к измеряемому сопротивлению R приложено напряжение U , то по сопротивлению пойдет сила тока I , определяемая законом Ома:
















$$I = U / R \quad (5)$$

Однако подключить к сопротивлению R амперметр A и вольтметр V так, чтобы амперметр показывал только силу тока, протекающую по R , а вольтметр при этом измерял напряжение непосредственно на R , нельзя. В этом убеждают схемы, изображенные на рисунке 1.

Когда приборы соединены по схеме a , то показываемое вольтметром напряжение U_v будет равно напряжению U на сопротивлении R , так как вольтметр присоединен непосредственно к R .

Однако в этом случае сила тока I_A , показываемая амперметром, будет равна сумме сил токов, протекающих по R и вольтметру:

$$I_A = I + I_V . \quad (6)$$

	
	
	
	
	
	
	
	
	 или 
	 или 
	 или 
	0,5
	

На схеме *б* по сопротивлению R и амперметру протекает один и тот же ток. Поэтому $I_A = I$. Но вольтметр при этом показывает напряжение U_V , равное суммарному напряжению на сопротивлении и на амперметре:

$$U_V = U + U_A. \quad (7)$$

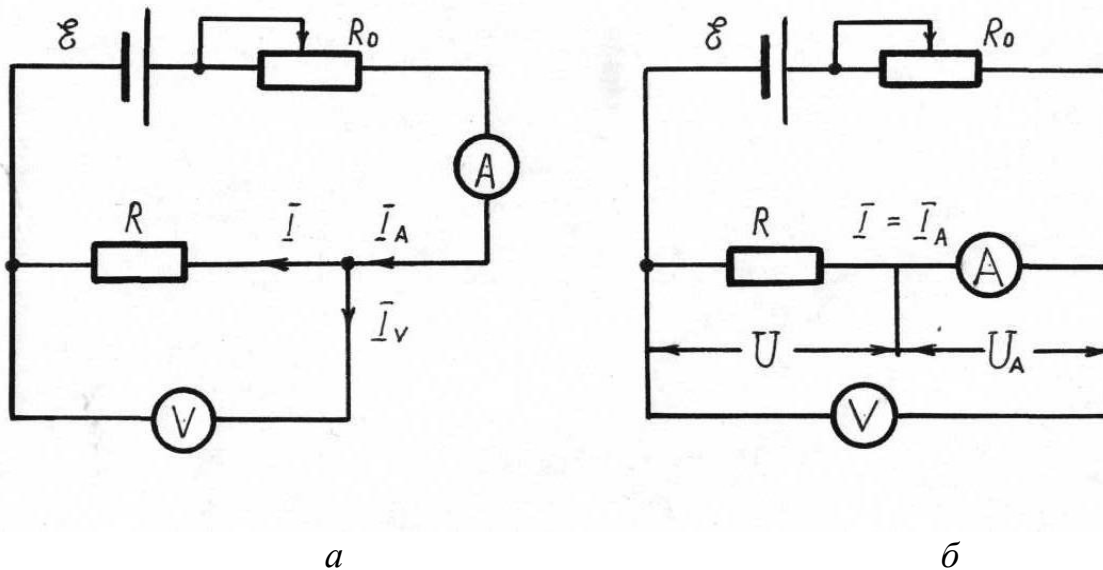


Рисунок 1 - Схемы подключения амперметра и вольтметра при измерении величины неизвестного сопротивления

Обозначим через R_V и R_A сопротивления вольтметра и амперметра соответственно. Тогда можем записать, что для схемы *а*:

$$I = I_A - I_V = I_A - \frac{U_V}{R_V}, \quad U = U_V, \quad R = \frac{U}{I} = \frac{U_V}{I_A - \frac{U_V}{R_V}} \quad (8)$$

для схемы *б*:

$$I = I_A, \quad U = U_V - U_A = U_V - I_A R_A, \quad R = \frac{U}{I} = \frac{U_V - I_A R_A}{I_A}. \quad (9)$$

Здесь учтено, что:

$$I_V = \frac{U_V}{R_V}, \quad U_A = I_A R_A. \quad (10)$$

Если измеряемое сопротивление вычислить, как R^* , равное отношению показаний вольтметра и амперметра:

$$R^* = \frac{U_V}{I_A}, \quad (11)$$

то будет допущена систематическая ошибка $\Delta R_{\tilde{R}}$:

$$\Delta R_{\tilde{R}} = R^* - R = \frac{U_V}{I_A} - R. \quad (12)$$

Подставив сюда вместо R его значение, определяемое соотношениями (8) и (9), получим:

$$\Delta R_{\tilde{R}} = \begin{cases} \frac{U_V}{I_A} \left(1 - \frac{1}{1 - \frac{U_V}{I_A R_V}} \right) & \text{для схемы } a \\ R_A & \text{для схемы } б \end{cases} \quad (13)$$

Данная систематическая ошибка $\Delta R_{\tilde{R}}$ называется *ошибкой метода*. Она порождена самим методом нахождения R : вместо расчета по точным формулам (3) и (4), сопротивление находится как отношение показаний вольтметра и амперметра. Только в случае, когда $R_V \rightarrow \infty$ (для схемы *a*) или $R_A \rightarrow 0$ (для схемы *б*) систематическая ошибка будет стремиться к нулю, а $R^* \rightarrow R$.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Задание 1. Познакомьтесь с приборными характеристиками вольтметра и миллиамперметра установки, схематически показанной на рисунке 2.

Задание 2. Опишите приборные характеристики вольтметра и миллиамперметра. По классу точности определите их стандартные приборные погрешности.

Задание 3. Измерьте сопротивление проволочного образца, натянутого между верхним 9 и нижним 4 кронштейнами. На среднем кронштейне 7 закреплена направляющая втулка 6, внутри которой находится электрод, касающийся провода 5. На приборной панели установлены миллиамперметр 3, вольтметр 2, а также

переменное сопротивление R_o , регулируемое ручкой 1 (регулятор тока), кнопка - СЕТЬ и кнопка 10 - переключатель выбора схемы измерения. Если кнопка 10 отжата, то приборы окажутся соединенными по схеме б, если утоплена - то по схеме а. В цепь включается не весь провод 5, а только его отрезок между нижним и средним кронштейнами.

На приборной панели находится также кнопка 11, позволяющая перейти от метода измерения R с помощью вольтметра и амперметра к измерению мостовым методом. В данной работе мостовой метод не применяется.

Измерения сопротивления R выполняются в следующей последовательности:

- 1 Перемещением кронштейна 7 установите длину измеряемого отрезка провода $0,25 + 0,45$ м.
- 2 Кнопки 10 и 11 поставьте в утопленное состояние (в этом случае приборы соединяются по схеме а).
- 3 Подключите установку к сети ~ 220 В (нажмите кнопку СЕТЬ).
- 4 Поворотом ручки РЕГ.ТОКА установите силу тока в пределах $100 - 200$ мА. Определите напряжение U_V по показаниям вольтметром. С помощью соотношения (8), (11) и (13) найдите, соответственно, R , R^* и $\Delta R_{\text{сис}}$. Показания приборов и результаты вычислений занесите в таблицу 2.
- 5 Поставьте кнопку 10 в отжатое состояние (при этом приборы соединяются по схеме б). Повторите пункт 4.
- 6 Вычислите стандартную (случайную) ошибку измерения R и R^* по приближенной формуле (т.е. без учета ошибки измерения R_A и R_V)

$$\Delta R^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta U}{I_A}\right)^2 + \left(\frac{U_V \Delta I}{I_A^2}\right)^2}, \quad (14)$$

где ΔU и ΔI – стандартные приборные ошибки вольтметра и миллиамперметра соответственно (вычисляются по формуле (4)). Результаты вычислений занесите в таблицу.

Таблица 1

Физическая величина	I_A А	U_V В	R Ом	R^* Ом	$\Delta R_{\text{сис}}$ Ом
Схема а					
Схема б					
$R_V = 2500$ Ом, $R_A = 0,15$ Ом, $\Delta R^* =$ Ом					

Запишите результаты измерений сопротивления с использованием схем *a* и *б*, полученные с учетом систематической ошибки (R) и без учета систематической ошибки (R^*), сделайте вывод.

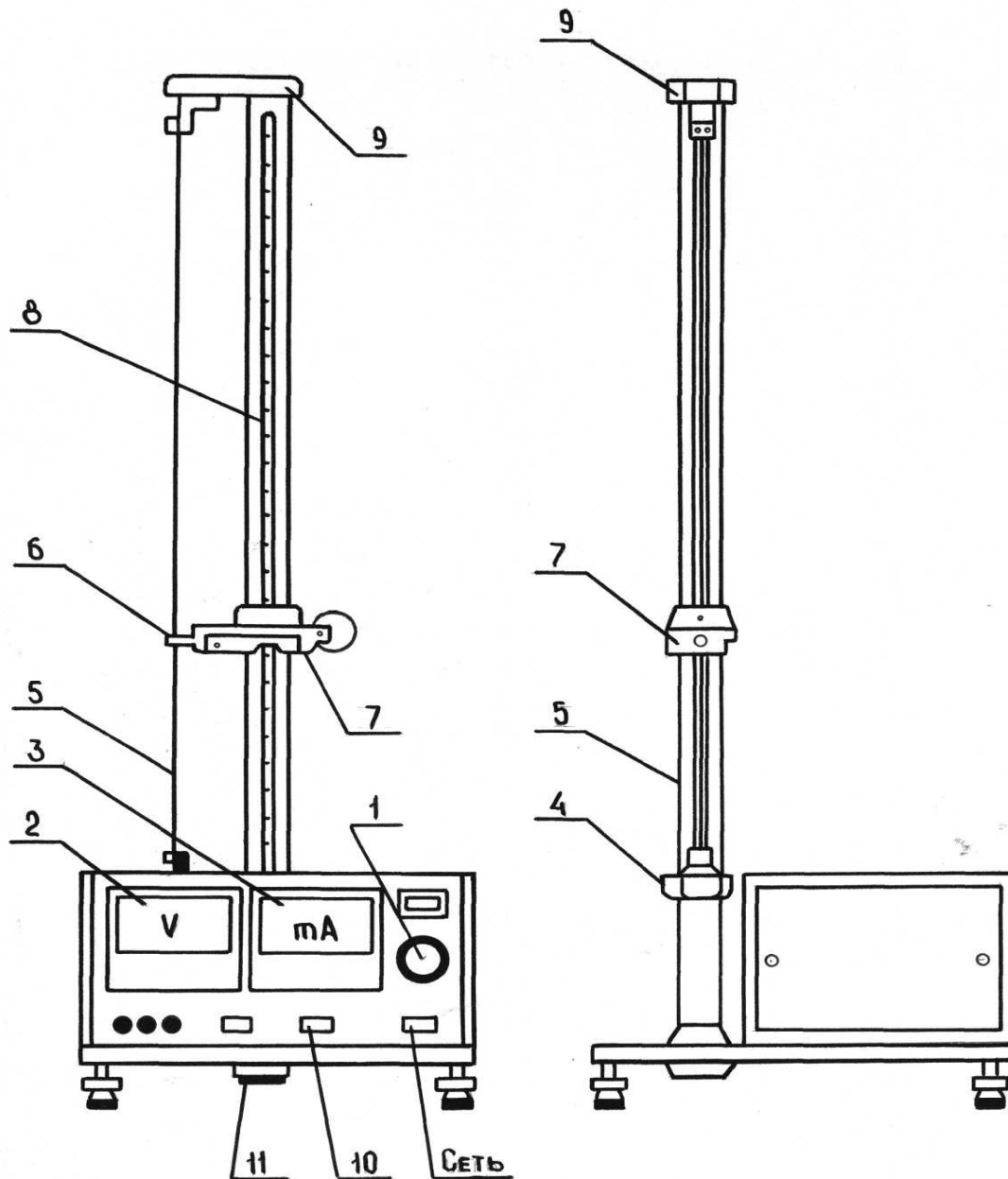


Рисунок 2. - Общий вид спереди и сбоку установки по измерению
проводочного сопротивления.

1 – ручка регулировки переменного сопротивления R_0 ; 2 – вольтметр;
3 – миллиамперметр; 4, 9 – кронштейны для крепления проводочного
сопротивления 5; 6 и 7 втулка и удерживающий её кронштейн для
регулировки длины измеряемого отрезка проводочного сопротивления
(между нижним и средним кронштейнами); 8 – измерительная линейка;
10 – кнопка перехода от одной схемы измерения к другой.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите характеристики электроизмерительных приборов. Как они находятся?
2. Что надо знать для определения численного значения измеряемой величины, наибольшей абсолютной и стандартной приборной ошибок измерения? Как они вычисляются?
3. Поясните суть метода измерения сопротивления отрезка провода в данной работе.
4. В каком случае появляется систематическая ошибка метода? Почему она так называется?

Список использованных источников

- 1 **Савельев, И.В.** Курс физики: учебник / И.В. Савельев. – М.: Наука, 1992. – 304 с.
- 2 **Трофимова, Т.И.** Курс физики: учебник / Т.И. Трофимова. – М.: Высшая школа, 1990. – 478 с.