

РАБОТА 3-4 ГРАДУИРОВАНИЕ АМПЕРМЕТРА И ВОЛЬТМЕТРА

Проградуировать какой-либо измерительный прибор - это значит установить соответствие между делениями его шкалы и значениями величины, отсчитываемой по этой шкале. Результаты градуировки удобно представлять в виде градуировочных кривых, откладывая по оси абсцисс показания прибора, а по оси ординат значения определяемой величины. Градуировочная кривая позволяет определить *цену деления* шкалы прибора; последняя является величиной постоянной, если результат градуировки может быть представлен прямой линией. Цена деления шкалы прибора в этом случае будет численно равна тангенсу угла наклона прямой к оси абсцисс.

1. ГРАДУИРОВАНИЕ АМПЕРМЕТРА

Для градуирования амперметра нужно пропускать через него ток, сила которого известна, и сопоставлять показания амперметра со значениями этой силы тока.

Одним из методов градуирования является включение этого прибора в электрическую цепь с **известным сопротивлением**, питаемую **источником тока с известной электродвижущей силой**. Тогда сила тока, протекающего в этой цепи, может быть **вычислена по закону Ома**, и показания амперметра сопоставлены с вычисленными значениями силы тока.

Другой возможный прием градуирования амперметра заключается в том, что он включается в цепь последовательно с другим ранее проградуированным амперметром и показания обоих приборов сопоставляются между собой.

В настоящей работе используется первый из выше описанных методов градуировки амперметра. Схема необходимой для этого электрической цепи изображена на рис.1. На этой схеме А амперметр, Р33 - магазин сопротивлений и ИП - источник питания с **известным значением электродвижущей силы**.

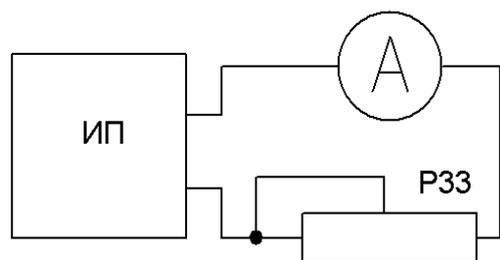


Рис.1

Согласно закону Ома ток в замкнутом контуре будет равен:

$$I = \frac{E}{R + R_A + r} \quad (1)$$

В этой формуле R – сопротивление магазина Р33, который является нагрузкой источника питания, R_A – сопротивление амперметра, а r – внутреннее сопротивление источника питания. Источник питания

содержит электронный стабилизатор напряжения с большим коэффициентом стабилизации. Его внутреннее сопротивление очень мало ($r \leq 0,01$ ом). Поэтому сопротивлением источника питания и подводящих проводов можно пренебречь. Сила тока в цепи может быть вычислена по формуле:

$$I = \frac{E}{R + R_A}, \quad (1)$$

где E - электродвижущая сила источника питания, R - введенное в цепь сопротивление магазина сопротивлений, R_A - сопротивление амперметра.. Сопротивление амперметра (0,05 ом) Электродвижущая сила источника питания равна 5,034 В.

Измерения. Соединяют проводами приборы согласно схеме, изображенной на рис.1, и, не включая ток, отсчитывают положение стрелки амперметра на шкале; это будет *нулевым отсчетом* прибора. Он может и не совпадать с *нулевым делением* шкалы прибора.

Устанавливают на магазине сопротивлений **максимальное сопротивление** и включают питание. Уменьшая сопротивление магазина, добиваются того, чтобы стрелка

амперметра установилась точно против какого-либо деления шкалы амперметра (например, против цифры 1). Записывают в таблицу величину сопротивления магазина, рассчитывают величину тока, протекающего в цепи по формуле (1) и заносят его в таблицу.

Таблица 1.

Шкала	1	2	3	4	5	6	7
R, [ом]							
I, [мА]							

Затем уменьшают сопротивление так, чтобы стрелка амперметра точно совпала со следующим делением шкалы амперметра (например, с цифрой 2). Также заносят в таблицу величину сопротивления цепи и рассчитанный ток. Таким же образом продолжают градуировку амперметра для всех необходимых точек шкалы. (В данной работе градуировать амперметр по верхней шкале до цифры 7).

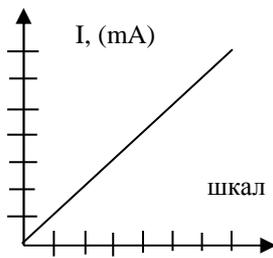


Рис.2

Результаты градуирования представляют графически, откладывая по оси абсцисс отсчеты по шкале прибора, а по оси ординат - вычисленные значения силы тока. Кривая, соединяющая нанесенные на график точки, является градуировочной кривой прибора. С ее помощью можно в дальнейшем найти силу тока, соответствующую любому отсчету на приборе. В том случае, если построенный график оказывается близким к линейному, имеет смысл найти цену деления шкалы, которая будет величиной, постоянной для всей шкалы.

Амперметр включается последовательно

2. ГРАДУИРОВАНИЕ ВОЛЬТМЕТРА

Для градуирования вольтметра нужно подавать на него известные напряжения и сопоставлять показания вольтметра со значениями этих напряжений. Контроль значений этих напряжений может быть осуществлен путем соединения исследуемого вольтметра с ранее отградуированным точным прибором.

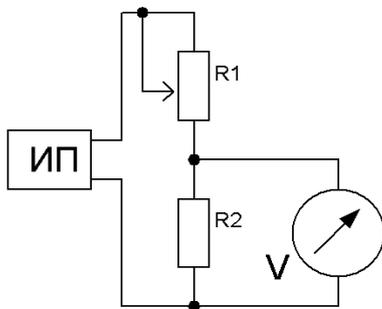


Рис.3

В настоящей работе используется другой способ. Он заключается в получении изменяемых напряжений с делителя напряжения, соединенного со стабилизированным источником напряжения. Такая схема градуировки изображена на рис.3. Соединенные последовательно резисторы R1 и R2 образуют **аналоговый делитель напряжения**.

В качестве R1 используется магазин сопротивлений P33, в качестве R2 используется магазин сопротивлений P34. Определим падение напряжения на резисторе R₂:

$$U_2 = I_2 \cdot R_2. \quad (2)$$

Ток, протекающий через резистор R₂, будет

$$I_2 = \frac{U}{R_1 + R_2} \quad (3)$$

При этом мы делаем допущение, что внутреннее сопротивление источника напряжения пренебрежимо мало, а сопротивление вольтметра настолько велико, что можно не учитывать ответвляемый в него ток. Подставив величину тока в формулу (2) получим:

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U. \quad (4)$$

Таким образом, падение напряжения, подводимое к вольтметру, пропорционально величинам резисторов R_1 и R_2 , образующих делитель, и напряжению источника питания U . **Поскольку величины U , R_1 и R_2 известны, можно по формуле (4). рассчитать напряжение, подаваемое на вольтметр.**

Определим напряжение, измеряемое вольтметром с учетом протекающего через него тока. Вольтметр включен параллельно сопротивлению R_2 , поэтому полное сопротивление этого участка цепи будет равно:

$$Z = \frac{R_2 \cdot r}{R_2 + r} \quad (5)$$

где Z – сопротивление участка цепи с учетом сопротивления вольтметра, R_2 – сопротивление участка цепи, на котором производится измерение напряжения, r – внутренне сопротивление вольтметра.

Тогда ток, протекающий на этом участке, будет равен:

$$I_2 = \frac{E}{R_1 + Z},$$

Падение напряжения на сопротивлении R_2 будет равно $U_2 = I_2 \cdot Z$ или

$$U_2 = \frac{Z}{R_1 + Z} E. \quad (6)$$

В этом случае напряжение, приложенное к сопротивлению R_2 и вольтметру будет одинаковым. Подставим в формулу (6) величину Z из (5):

$$U_2 = \frac{R_2 \cdot r}{R_2 + r} \cdot \left(R_1 + \frac{R_2 \cdot r}{R_2 + r} \right)^{-1} \cdot E.$$

Проведя преобразования, получим:

$$U_{аб} = \frac{R_2}{R_1 \cdot R_2 / r + R_1 + R_2} \cdot E. \quad (7)$$

Формула (4) является частным случаем формулы (7) при бесконечно большом сопротивлении вольтметра r .

Измерения. Производят сборку установки согласно схеме (рис.3). В установке используются: высокостабильный источник напряжения E , магазин сопротивлений $P33$ (на схеме $R1$), однодекадный магазин сопротивлений $P34$ (на схеме $R2$) и вольтметр V .

Устанавливают на магазине $P34$ сопротивление 100 Ом, **сопротивление магазина $P33$ устанавливают максимальным.** Не включая установку, определяют нуль вольтметра. Затем включают источник напряжения E , и, уменьшая сопротивление магазина $P33$ (резистор R_2), увеличивают напряжение, подаваемое на вольтметр. Аналоговый делитель напряжения позволяет подать на вольтметр напряжение, соответствующее любой точке шкалы вольтметра. **Величина этого напряжения рассчитывается по формуле (4).**

В данной работе целесообразно провести градуировку вольтметра в точках шкалы 0, 20, 40, 60, 80, и 100.

Расчет действительных значений напряжения проводится по формуле (4). Данные заносятся в таблицу 2.

Таблица 2.

шкала	R_1	R_2	U_2
0			
20			
40			
60			
80			
100			

По результатам измерений строится градуировочный график для испытуемого вольтметра (рис.4).

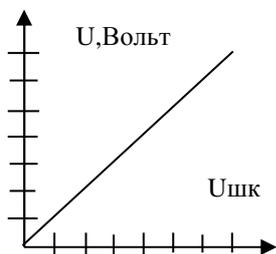


Рис.4

При сдаче результатов работы студенты обязаны знать конструкцию использованных измерительных приборов, а также **способы изменения диапазона применения этих приборов путем включения шунтов к амперметрам и дополнительных сопротивлений к вольтметрам.**

Замечание. При проведении работы необходимо учитывать, что метрологические характеристики магазина Р33 обеспечиваются только в том случае, если электрическая мощность, рассеиваемая магазином, меньше 0,25 Вт на ступен

Вольтметр включается параллельно

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Поясните, что значит проградуировать прибор?
2. Выведите формулу, с помощью которой рассчитывается напряжение, которое измеряется вольтметром при его градуировании.
3. Поясните принцип действия вольтметра и амперметра, используемые при выполнении в данной работе.
4. Цена деления прибора. Чему она равна для амперметра и вольтметра?
5. Нарисуйте схемы включения приборов при градуировании амперметра и вольтметра.
6. Как влияет подключение вольтметра на результаты измерения?
7. Как влияет подключение амперметра на результаты измерения?

ЛИТЕРАТУРА:

1. Савельев И.В. Курс общей физики Т. 2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. -М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988.
2. Тамм И.Е. Основы теории электричества. - М.: Наука, 1976
3. Иродов И. Е. Электромагнетизм. -М.: Лаборатория базовых знаний, 2002.
4. Калашников Э.Г. Электричество. – М.:Наука, 1977.
5. Трапицын Н.Ф. Краткий курс общей физики. Ч.3. Электричество и магнетизм. – Бишкек: Изд-во КРСУ, 1996
6. Зисман Г.А., Тодес О.М. Курс общей физики. Т.2. Электричество и магнетизм. – М.: Наука, 1974.
7. Физический практикум. Ч.2./ Под ред. В.И. Ивероной. -М.: «Наука». -1968.