ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Физика»

Измерение удельного сопротивления проводника

методом вольтметра-амперметра

# Методические указания к выполнению лабораторной работы

# № 38

Ростов-на-Дону, 2008

Составители: канд. физ.-мат. наук., доцент С.М. Максимов,

канд. хим. наук., доцент А.Я. Шполянский,

канд. физ.-мат. наук., доцент Н.В. Пруцакова,

докт. техн. наук., профессор В.С. Кунаков

УДК 530.1

Измерение удельного сопротивления проводника методом вольтметра-амперметра. Метод. указания / Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008. – 10 с.

Указания содержат краткое описание рабочей установки и методики определения удельного сопротивления проволоки методом вольтметра-амперметра.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы студентами инженерных специальностей всех форм обучения в лабораторном практикуме по физике (раздел «Электромагнетизм»), а также студентами специальностей 200501 и 200503 в лабораторном практикуме по курсу «Физические основы измерений».

Печатается по решению методической комиссии факультета «Автоматизация и информатика»

Научный редактор: докт. техн. наук., профессор В.С. Кунаков

© С.М. Максимов, А.Я. Шполянский, Н.В. Пруцакова, В.С. Кунаков, 2008

© Издательский центр ДГТУ, 2008

Цель работы: Определить значение удельного сопротивления материала проволоки постоянного сечения с использованием комбинированного метода вольтметра-амперметра.

Оборудование: Заводская установка (см. п. 2)

## 1. Краткая теория

Как известно, электрическое сопротивление *R* провода длиной *l* и поперечным сечением *S* определяется формулой

 , (1)

где *ρ* − удельное сопротивление материала (т.е. сопротивление проводника из данного материала поперечным сечением 1 м2 и длиной 1 м, измеряется в Омּм). Отсюда, при известных (измеренных) значениях *R, l* и *d* (*d* - диаметр проволоки) *ρ* можно определить как

 . (2)

В свою очередь, *R* может быть экспериментально определено из закона Ома для однородного участка цепи:

 (3)

Здесь *U* − разность потенциалов на концах проводника, *I* − сила тока в нем.

Формула (3) давала бы достаточно точный результат при условии идеальности измерительных приборов − амперметра и вольтметра, − а именно: сопротивление амперметра; сопротивление вольтметра . Поскольку на практике *RA* и *RV* имеют определенные конечные значения, то результат определения *R*, и, следовательно, *ρ* зависит от схемы (способа) подключения приборов.

*Метод вольтметра-амперметра* для измерения сопротивления может быть реализован в двух вариантах: метод непосредственного измерения напряжения и метод непосредственного измерения тока. Рассмотрим особенности каждого из них.

* 1. МЕТОД НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

RX

RV

IV

IX

IA

RA

R1

Uвх

mA

V

Рис. 1

На рис. 1 показана схема включения приборов для этого метода. Здесь *RX* – измеряемое неизвестное сопротивление исследуемого проводника, *R1* – реостат для установки требуемого значения силы тока.

При таком включении приборов амперметр показывает ток *IA*, равный сумме токов *IX* и *IV* текущих соответственно через сопротивление *RX* и вольтметр. Тогда сопротивление *R’*, вычисленное по формуле (3), будет отличаться от *RX* . Действительно, учитывая, что , , , можем записать:

 (4)

Относительная систематическая погрешность  для этого варианта подключения амперметра и вольтметра определяется соотношением

 (5)

Отсюда видно, что при таком подключении измерительных приборов погрешность возникает из-за конечного сопротивления вольтметра *RV* . При *RV* → ∞ *εR* → 0. Для уменьшения погрешности важно, чтобы *RX* << *RV* , т.е. с помощью метода непосредственного измерения напряжения целесообразно измерять малые сопротивления. Если *RV* известно, то исключить систематическую погрешность можно, выразив *RX* из равенства (4):

 (6)

где 

В используемой установке *RV* = 2000 Ом, а *R’* < 5 Ом, таким образом, отношение *R’/RV* имеет порядок 10 – 3 . В этом случае можно использовать приближение , и окончательно рабочая формула для расчета удельного сопротивления будет иметь вид:

 (7)

1.2. МЕТОД НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ТОКА

Принципиальная схема включения измерительных приборов для этого метода представлена на рис. 2.

RX

UX

RV

UV

R1

Uвх

V V

RA

UA

mA

Рис. 2

Здесь *RX* - измеряемое неизвестное сопротивление, а *R1* – реостат для регулировки тока.

При вычислении сопротивления из непосредственного измерения по формуле

 (8)

возникает систематическая погрешность из-за того, что вольтметр показывает сумму падений напряжения на сопротивлениях *RX* и *RA*, т.е.

. (9)

В этом случае

 . (10)

Относительная систематическая погрешность для этого варианта подключения амперметра и вольтметра определяется соотношением

 (11)

откуда следует, что данный метод лучше использовать в случае, когда измеряемое сопротивление много больше сопротивления амперметра, т.е. *RX* >> *RA*. Если сопротивление *RA* известно, то исключить систематическую погрешность можно, выразив *RX* из равенства (10):

. (12)

Тогда рабочая формула для расчета удельного сопротивления будет иметь вид:

. (13)

1. **Описание установки**

Общий вид рабочей установки представлен на рис. 3. Основными элементами ее являются:

**1**− неподвижная колонка;

**2** − миллиметровая шкала, закрепленная на колонке **1**;

**3** − проволока, сопротивление которой измеряется в данной работе; она закреплена с помощью верхнего и нижнего неподвижных кронштейнах;

**4** − кронштейн, который может перемещаться вдоль колонки **1**;

**5** − винт, фиксирующий кронштейн **4** в любом положении.

На подвижном крон-штейне **4** имеется указатель в виде черты, которая служит для фиксирования необходи-мой длины проводника. Нижний, верхний и сред-ний (подвижный) контакты проволоки подключены при помощи проводов низкого сопротивления к измерительной части прибора, изображенной на рис.4.



1

2

3

4

5

Рис. 3

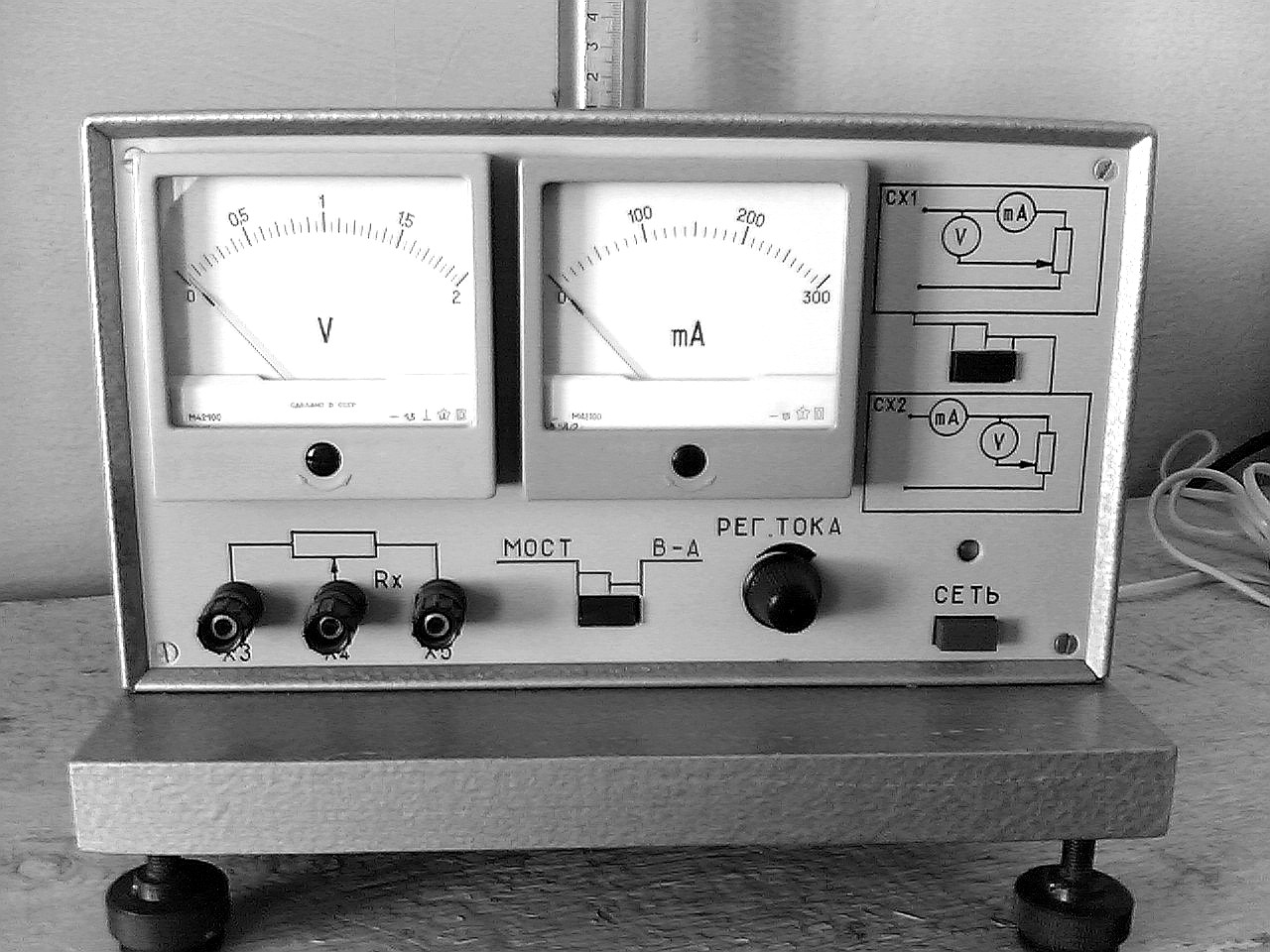
В измерительную часть входят миллиамперметр и вольтметр класса точности 1,5.

Переключатель W1 (cм. рис. 4) служит для включения прибора в сеть. При нажатии W1 начинает светиться индикатор напряжения сети. Переключатель W2 позволяет изменять схему подключения измерительных приборов. Если переключатель W2 отжат, установка работает по методу точного измерения силы тока. Если же W2 утоплен, установка работает по методу точного измерения напряжения. Переключатель W3 устанавливает режим работы установки: при нажатом W3 включен режим «вольтметра−амперметра», при отжатом W3 включен режим «моста». **В настоящей лабораторной работе переключатель W3 должен быть постоянно нажат.** R1 − ручка регулятора тока.

Сопротивление вольтметра Rv = 2000 Ом, сопротивление миллиамперметра RA = 0,3 Ом, диаметр проволоки d = 0,365 мм.

**3. Порядок выполнения работы**

Рис. 4



W2

W1

R1

W3

* 1. Подготовить таблицу для записи результатов прямых и косвенных измерений (Табл. 1). Три значения длины проволоки и три значения силы тока задаются преподавателем (напр., *l* = 20, 25, 30 см; *I* = 100, 200, 300 мА).
  2. Перемещая подвижный кронштейн 4 вдоль колонки 1, установить по шкале 2 первое заданное значение длины проволоки 3, зафиксировав положение кронштейна винтом 5.
  3. Нажав переключатель W2 (что соответствует методу точного измерения напряжения), с помощью регулятора R1 установить первое заданное значение силы тока, записать его в столбец 2, а соответствующее показание вольтметра записать в столбец 3.
  4. Отжать переключатель W2 (что соответствует методу точного измерения силы тока) и записать показание вольтметра в столбец 4\*.
  5. Повторить измерения по п.п. 3.3 – 3.4 для других ранее заданных преподавателем значений тока.
  6. Повторить действия по п.п. 3.2 – 3.5 для других заданных значений длины проволоки.
  7. Рассчитать по формуле (7) значения ρI, занести их в столбец 5. По полученному массиву результатов рассчитать абсолютную и относительную погрешность.
  8. Рассчитать по формуле (13) значения ρII, занести их в столбец 8. По полученному массиву результатов рассчитать абсолютную и относительную погрешность.
  9. Окончательное значение искомой величины ρ определить как среднее арифметическое ρI и ρII.

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение электрического тока.
2. Запишите закон Ома для участка цепи.
3. В чем заключается физический смысл понятия «напряжение на участке цепи»?
4. Как определяется относительная погрешность при измерениях физических величин?
5. Каков физический смысл удельного сопротивления материала?
6. В каких случаях при измерениях сопротивлений необходимо применять метод непосредственного измерения напряжений, а в каких – непосредственного измерения тока?

#### Рекомендуемая литература

1. Трофимова Т.И. Курс физики. − М.: Высш. школа, 2003.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3−х тт. Т. 2. Электричество и магнетизм. − СПб.: Изд-во «Лань», 2006.

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**\***Примечание. Так как RA<< RV, показания миллиамперметра при нажатом и отжатом положениях переключателя W2 практически не отличаются.

**Таблица 1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№**  **пп** | **IA** | **UV** | | | **ρI по ф-ле (7)** | **ΔρI** | **εI** | **ρII по ф-ле (13)** | **ΔρII** | **εII** | **ρср** | **Δρ** |
| **W2 вкл.** | | **W2 выкл.** |
| 1 | 2 | 3 | | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| ***L*1** = | | | | | | | | | | | | |
| 1  2  3 |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Ср. | Х | Х | Х | |  | Х | Х |  | Х | Х | Х | Х |
| ***L*2** = | | | | | | | | | | | | |
| 1  2  3 |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Ср. | Х | Х | Х | |  | Х | Х |  | Х | Х | Х | Х |
| ***L*3** = | | | | | | | | | | | | |
| 1  2  3 |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Ср. | Х | Х | Х | |  | Х | Х |  | Х | Х | Х | Х |