

Лабораторная работа № 4

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ КОСВЕННЫМИ МЕТОДАМИ

I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить применяемые на практике косвенные методы измерения сопротивлений с помощью амперметра и вольтметра.

II. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

При косвенном измерении интересующая нас величина вычисляется по известной зависимости ее от других величин, которые измеряются непосредственно. Наиболее простым и довольно распространенным способом косвенного измерения сопротивления на постоянном токе является метод амперметра и вольтметра. Если измеряемое сопротивление во много раз больше сопротивления амперметра, то целесообразно пользоваться схемой, приведенной на рис. 1, и подсчитать по формуле закона Ома

$$R_x \approx R'_x = \frac{U}{I}, \quad (1)$$

где U, I — показания вольтметра и амперметра;
 R_x, R'_x — соответственно точное и приближенное значения измеряемого сопротивления.

Вычисленное значение включает как измеряемое сопротивление, так и сопротивление амперметра. Если, например, R_x более чем в 100 раз превосходит r_a , то методическая погрешность при вычислении по формуле (1) будет менее 1%. Для более точного определения необходимо из полученной величины вычесть сопротивление амперметра r_a , тогда

$$R_x = \frac{U}{I} - r_a. \quad (2)$$

Для измерения сопротивлений, во много раз меньших сопротивления вольтметра, пользуются схемой, приведенной на рис. 2, и вычисления производят также по формуле (1). В схеме рис. 2 ток, измеряемый ам-

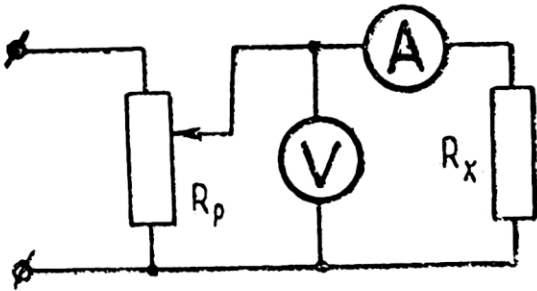


Рис. 1. Схема измерения средних сопротивлений

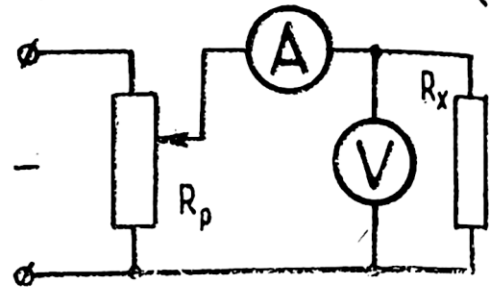


Рис. 2. Схема измерения малых сопротивлений

перметром, равен сумме токов в измеряемом сопротивлении и в вольтметре, поэтому для более точного определения искомого сопротивления необходимо ток вольтметра U/R_B вычесть из общего тока, показываемого амперметром;

тогда

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_B}} = \frac{1}{\frac{I}{U} - \frac{1}{R_B}}, \quad (3)$$

где R_B — сопротивление вольтметра.

Если определяют R_x по приближенной формуле (1), то при $R_x \gg \sqrt{r_a R_B}$ следует пользоваться схемой, изображенной на рис. 1, а при $R_x \ll \sqrt{r_a R_B}$ — схемой, приведенной на рис. 2.

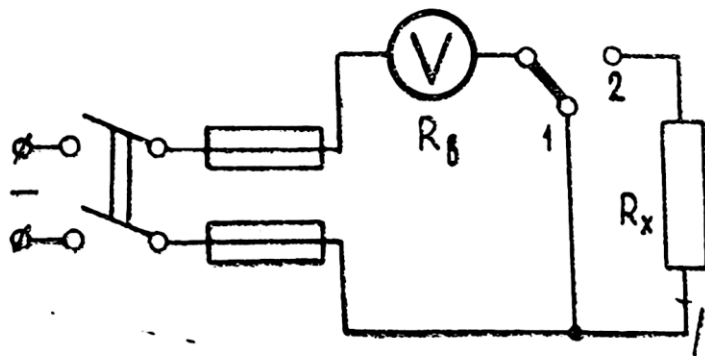


Рис. 3. Схема измерения средних сопротивлений одним прибором

сопротивлений, близких к сопротивлению вольтметра, можно воспользоваться схемой, приведенной на рис. 3. В этой схеме внутренним сопротивлением источника r_0 , малым по сравнению с сопротивлением вольт-

При измерении очень малых сопротивлений на результат измерения оказывает значительное влияние сопротивление переходных контактов и соединительных проводов, поэтому пользуются специальными методами измерения.

Сопротивления могут быть измерены и по упрощенной схеме с использованием одного прибора. Для средних

метра R_B , пренебрегаем. При этом допущении, если переключатель находится в положении 1, ток

$$I_1 = \frac{E}{R_B} = c \alpha_1, \quad (4)$$

где α_1 — отсчет по шкале прибора.

Если переключатель установлен в положении 2, то ток

$$I_2 = \frac{E}{R'_x + R_B} = c \alpha_2. \quad (5)$$

Для магнитоэлектрического прибора постоянная c неизменна для всей шкалы. Разделив выражение (4) на уравнение (5), получим

$$R_x \approx R'_x = R_B \left(\frac{\alpha_1}{\alpha_2} - 1 \right), \quad (6)$$

а точное значение находим по формуле

$$R_x = (R_B + r_0) \left(\frac{\alpha_1}{\alpha_2} - 1 \right). \quad (7)$$

Для малых сопротивлений, близких к сопротивлению амперметра, можно воспользоваться схемой, приведенной на рис. 4. Для этой схемы,

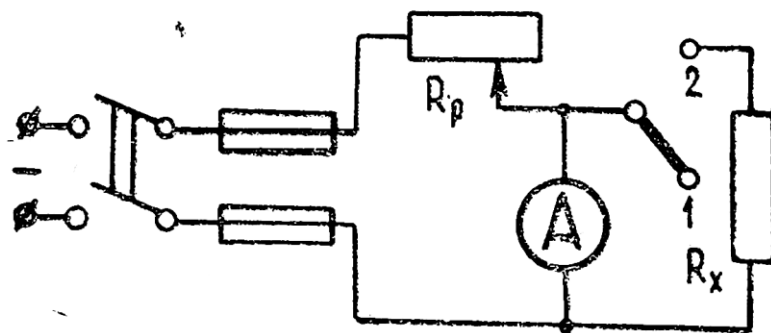


Рис. 4. Схема измерения малых сопротивлений одним прибором

аналогично предыдущему, может быть получена формула для определения сопротивления

$$R_x = r_a \frac{\alpha_2}{\alpha_1 - \alpha_2} \cdot \frac{R_p}{R_p - r_a}. \quad (8)$$

Если $R_p \gg r_a$, то $R_p - r_a \approx R_p$; тогда приближенно с достаточной точностью определяем сопротивление по формуле

$$R'_x \approx r_a \frac{\alpha_2}{\alpha_1 - \alpha_2} = r_a : \left(\frac{\alpha_1}{\alpha_2} - 1 \right). \quad (9)$$

III. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с паспортными данными приборов, используемых для измерения, и записать их в отчет (для измерения рекомендуется применять многопредельные приборы).

2. Взять для измерения два сопротивления: одно, сравнимое с сопротивлением амперметра, и второе, сравнимое с сопротивлением вольтметра; в качестве измеряемых сопротивлений можно взять параллельную и последовательную цепь ваттметра. Собрать схему для измерения сопротивления (см. рис. 1). Делитель напряжения установить в положение минимального напряжения.

3. После проверки схемы выбрать пределы измерения приборов, включить питание и установить делителем R_p напряжение, удобное для отсчета показаний приборов. Записать показания приборов в табл. 1 и вычислить значение измеряемого сопротивления по формулам (1) и (2). После отсчета показаний приборов делителем установить $U=0$, переключить схему на другое измеряемое сопротивление и аналогично произвести его измерение.

4. Собрать схему для измерения сопротивления (см. рис. 2). Делитель установить в положение $U=0$.

5. Измерить оба сопротивления, как указано в п. 3. Значения сопротивлений вычислить по формулам (1) и (3) для схемы, изображенной на рис. 2.

6. Измерить большее сопротивление с помощью одного вольтметра по схеме, приведенной на рис. 3. (см. п. 3). Показания прибора записать в табл. 2 и вычислить R'_x и R_x по формулам (6) и (7).

7. Измерить меньшее сопротивление по схеме, изображенной на рис. 4; вычислить R'_x и R_x по формулам (8) и (9).

8. Вычислить методическую погрешность измерения при пользовании формулами (1), (6) и (9)

$$\gamma = \frac{R'_x - R_x}{R_x} 100\%, \quad (10)$$

где R'_x, R_x — значения сопротивлений, полученные по приближенной и точной формулам.

Проанализировать результаты и сделать выводы об областях применения каждой из исследованных схем измерения.

Таблица 1

Схема измерения	Измеряемое сопротивление	Данные приборов		Измерено		Вычислено		
		$R_a, \text{ом}$	$R_b, \text{ом}$	$U, \text{в}$	$I, \text{а}$	$R'_x, \text{ом}$	$R_x, \text{ом}$	$\gamma, \%$
Рис. 1								
Рис. 2								

Таблица 2

Схема измерения	Измеряемое сопротивление	Данные приборов		Измерено		Вычислено		
		r_a , Ом	R_B , Ом	α_1 , дел	α_2 , дел	R'_x , Ом	R_x , Ом	γ , %
Рис. 3								
Рис. 4								

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчет включить: наименование работы, схемы измерений, перечень и характеристику применяемых приборов, таблицы измерений и вычислений, заключение.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать определение косвенным измерениям.
2. Для определения каких сопротивлений следует применять схемы, приведенные на рис. 1 и 2, при пользовании формулой (1)?
3. Для определения каких сопротивлений следует применять схемы рис. 3 и 4?
4. Какими формулами следует пользоваться для исключения методической погрешности при измерении по схемам, приведенным на рис. 1 и 2?
5. Методика и формулы при косвенном измерении сопротивлений по схемам рис. 3 и 4.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: Байда Л. И. [1] § 1, 47; Попов В. С. [2], гл. 9, раздел А.