**ЛАБОРАТОРНАЯ** **РАБОТА** **№2**

**ИЗМЕРЕНИЕ** **СОПРОТИВЛЕНИЙ** **НА** **ПОСТОЯННОМ** **ТОКЕ**

Целью работы является изучение методов измерения активных сопротивлений и анализ погрешностей полученных результатов.

**1. Основные** **положения.**

В данной лабораторной работе исследуются 3 метода измерений активных сопротивлений: метод непосредственной оценки, косвенный метод, и метод сравнения с мерой.

1. В методе непосредственной оценки величины измеряемого сопротивления определяется непосредственно по прибору (микроамперметру), шкала которого проградуирована в единицах сопротивлений (Ом, кОм. МОм).

Для измерения больших сопротивлений ($R\_{X}\geq 10$ Ом) метод непосредственной оценки реализуется с помощью омметра, построенного по последовательной схеме рис.1.



Рис.1.1

Показание амперметра определяется выражением:

$I=\frac{E}{R\_{0}+R\_{X}+R\_{A}}$ (1.1)

где $E$ **–** напряжение источника питания;

$R\_{0}$ – переменный резистор, служащий для калибровки «0»;

$R\_{A}$ – внутреннее сопротивление электромеханического прибора, в качестве которого используется высокочувствительный амперметр;

$R\_{X}$ – испытуемый образец.

Из выражения (1) следует, что показания амперметра однозначно определяются величиной сопротивления $R\_{X}$, поскольку$ E$, $R\_{0}$, $R\_{A}$ – величины постоянные. Так как с течением времени напряжение батареи $E$ падает, то перед каждым измерением следует устанавливать «0» омметра, закорачивая клеммы$R\_{X}$. В этом случае ток$I\_{A}$, как следует из выражения (2.1), изменением сопротивления регулировочного резистора $R\_{0} $устанавливается равным номинальному току $I\_{N}$. Отсюда следует, что нуль омметра совмещен с максимальным показанием прибора, а нулевое показание прибора соответствует $R\_{X}=\infty $, и шкала омметра неравномерная.

Для измерения малых сопротивлений *RX* 10 Ом метод непосредственной оценки реализуется при параллельном соединении измеряемого сопротивления и прибора (рис.2.).



Рис.1.2.

Калибровка омметра в этом случае производится при разомкнутых клеммах для подключения сопротивления, т.е.$R\_{X}=\infty $, и изменением величины $R\_{0}$ устанавливается ток $I\_{A}=I\_{N}$, т. е. равный максимальному показанию прибора. При замыкании клемм показание прибора равно нулю, поскольку замыкаются клеммы прибора. При подключении любого малого сопротивления показание прибора определится из выражения:

$I\_{A}=\frac{ER\_{X}}{R\_{X}\left(R\_{A}+R\_{0}\right)+R\_{A}R\_{0}}$ (1.2)

и, как и в предыдущем случае, шкала омметра будет иметь неравномерный характер.

2. В косвенном методе измеряемое сопротивление определяется согласно известному закону Ома, т.е. зависимости тока и падения напряжения от измеряемого сопротивления:

$R=\frac{U}{I}$ (1.3)

В реальных измерительных схемах подключение измерительных приборов (амперметра и вольтметра) оказывает влияние на результат измерения, вызывая систематические методические погрешности, зависящие как от внутренних сопротивлений приборов, так и от способа подключения этих приборов в схему.

При измерении малых сопротивлений, т. е. величина которых сравнима с внутренним сопротивлением **амперметра** и значительно меньше внутреннего сопротивления вольтметра, используется схема с параллельным подключением вольтметра к измеряемому резистору, рис.3.



Рис.1.3.

Для этой схемы справедливо выражение:

$g\_{V}+g\_{X}=\frac{I}{U}$ (1.4)

где:$ g\_{V}=^{1}/\_{R\_{V}}$ – проводимость внутреннего сопротивления вольтметра;

$g\_{X}=^{1}/\_{R\_{X}}$ – проводимость измеряемого сопротивления;

$U$ – падение напряжения на резисторе (показание вольтметра);

$I$ – показание амперметра (сумма токов через вольтметр и измеряемое сопротивление).

Заменяя в формуле (4) проводимости через сопротивления и, решая уравнение относительно $R\_{X}$, получим

$R=\frac{UR\_{V}}{IR\_{V}-U}$ (1.5)

***Примечание:*** *по* *этой* *схеме* *возможно измерение* *сопротивлений,* *сравнимых* *с* *внутренним* *сопротивлением* *вольтметра,* *но,* *как* *будет* *показано* *ниже,* *систематическая* *методическая* *погрешность* *значительно* *возрастает* *за* *счет* *неточности* *задания* *внутреннего* *сопротивления* *вольтметра.*

При измерении больших сопротивлений, т.е. величина которых сравнима с внутренним сопротивлением **вольтметра** и значительно больше сопротивления амперметра, применяется схема с последовательным подключением амперметра и измеряемого резистора, (рис.4).



Рис. 1.4

Для этой схемы справедливо выражение для определения измеряемого сопротивления:

$R\_{X}=\frac{U}{I}-R\_{A}$ (1.6)

где: $U$ – показание вольтметра;

$I$ – ток через измеряемый резистор;

$R\_{A}$ – внутреннее сопротивление амперметра.

***Примечание:*** *по* *этой* *схеме* *возможно* *измерение* *сопротивлений,* *сравнимых* *с* *внутренним* *сопротивлением* *амперметра,* *но,* *как* *будет* *показано* *ниже,* *систематическая* *методическая* *погрешность* *значительно* *возрастает* *за* *счет* *неточности* *задания* *внутреннего* *сопротивления* *амперметра.*

3. Метод сравнения с мерой реализуется по схеме одинарного моста, принципиальная схема которого приведена на рис.5.



Рис.1.5.

Сравнение измеряемого сопротивления с мерой, в качестве которой используются образцовые сопротивления $R\_{1}$, $R\_{2}$, $R\_{3}$ производится по нулевым показаниям гальванометра ***G***, включенного в диагональ ***ав.*** В потенциалы $U\_{a}$ и $U\_{b}$ равны, мост уравновешен изменением этом случае образцового сопротивления магазина $R\_{1}$. При этом выполняется условие равновесия

$R\_{X}R\_{3}=R\_{1}R\_{2}$ (1.7)

из которого можно найти неизвестное сопротивление

$R\_{X}=R\_{1}\frac{R\_{2}}{R\_{3}}$ (1.8)

Таким образом, установив определенное соотношение сопротивлений резисторов $R\_{2}$ и $R\_{3}$ и, добившись баланса моста резистором $R\_{1}$, неизвестное сопротивление будет определено по формуле (2.8).

**2. Лабораторное** **задание.**

2.1. Омметром с непосредственным отсчетом типа АВО – 5М или Ц4353 измерить величину **большого** **и** **малого** **сопротивлений**, заданных преподавателем. Оценить точность измерений, исходя из класса точности прибора. Результат записать в $R\_{X}=R\_{ИЗМ}\pm ∆R\_{X}$, соблюдая правила округления.

2.2. Измерить величину **большого** **сопротивления** косвенным методом вольтметра-амперметра. Измерение провести **три** раза, изменяя в небольших пределах ток через измеряемое сопротивление. Пределы измерения вольтметра и амперметра устанавливать такими, чтобы их показания находились в последней трети шкалы прибора. Данные измерений занести в таблицу 1.

Табл. 1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Показание амперметра,А | Показание вольтметра,В | Внутреннее сопротивление вольтметра, Ом | Измеряемое сопротивление,Ом |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |

По результатам одного из измерений определить погрешность измерения. За результат измерения принять среднеарифметическое из трех измерений. Результат записать в виде $R\_{X}=R\_{ИЗМ}\pm ∆R\_{X}$, соблюдая правила округления.

2.3. Измерить величину **малого** **сопротивления** косвенным методом вольтметра – амперметра. Измерение провести **три** раза, изменяя в небольших пределах ток через измеряемое сопротивление. Пределы измерения вольтметра и амперметра выбирать такими, чтобы их показания находились в последней трети шкалы прибора. Данные измерений занести в таблицу 2.

Табл. 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Показание амперметра,А | Внутреннее сопротивление амперметра, Ом | Показание вольтметра,В | Измеряемое сопротивление,Ом |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |

По результатам одного из измерений определить погрешность измерения. За результат измерения принять среднеарифметическое из трех измерений. Результат записать в виде $R\_{X}=R\_{ИЗМ}\pm ∆R\_{X}$, соблюдая правила округления.

2.4. Одинарным мостом измерить величину **большого** **сопротивления** с помощью прибора Р329. Измерение провести **три** раза, устанавливая сопротивления моста $R\_{2}$ и $R\_{2}$, равные 10, 100 и 1000 Ом. В каждом из трех случаев определить чувствительность моста. Рассчитать погрешность измерения сопротивления для случая максимальной чувствительности моста. Результат измерения записать в виде $R\_{X}=R\_{ИЗМ}\pm ∆R\_{X}$, соблюдая правила округления.

2.5. Измерить величины малого и большого сопротивлений с измерителя иммитанса Е7 – 21. Определить погрешность измерения случае.

Результаты всех измерений свести в таблицу 3.

Табл.3. Сравнение методов измерения сопротивлений по точности

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Объект измерения | Метод измерения | Результат измерения, Ом | Погрешность измерения, Ом |
| Большое сопротивление | непосредственной оценки |  |  |
| косвенный |  |  |
| сравнение с мерой |  |  |
| прибором Е7–21 |  |  |
| Малое сопротивление | непосредственной оценки |  |  |
| косвенный |  |  |
| прибором Е7–21 |  |  |

**3. Методические** **указания** **к** **выполнению** **работы.**

3.1. Измерение сопротивлений омметрами с непосредственным отсчетом

Измерение с помощью омметра прибора АВО – 5М.

Для проведения измерений необходимо:

1) Проверить нулевое положение стрелки прибора; при необходимости установить «0» арретиром.

2) Поставить левый переключатель в положение$R\_{X}$.

3) Правым переключателем выбрать необходимый предел измерения $(Ω×1; Ω×100; Ω×10000)$.

4) Для проведения калибровки (уст. 0) кратковременно замкнуть клеммы прибора «–» и «$V$, $R\_{X}$» и вращением потенциометра «уст 0» установить стрелку прибора на максимальное отклонение, соответствующее нулевому показанию омметра. Если стрелка прибора не устанавливается, то следует заменить источник питания.

5) Разомкнуть зажимы, подключить к ним измеряемое сопротивление и снять отсчет по шкале « $Ω$».

6) По окончании работы поставить левый переключатель в положение «ВЫКЛ».

***Примечание:*** *во* *избежание* *быстрого* *выхода* *из* *строя* *внутреннего* *источника* *питания* *(батарея,* *аккумулятор)* *следует* *все* *измерения* *проводить* *при* *кратковременном* *подключении* *измеряемого* *сопротивления,* *и* *немедленно* *после* *снятия* *отсчета* *размыкать* *цепь.*

3.1.1 Измерение с помощью омметра Ц 4353.

Для проведения измерений **больших** **сопротивлений** прибором необходимо:

1) Установить арретиром стрелку прибора на нуль.

2) Нажать клавишу переключателя «$kΩ$».

3) Установить галетный переключатель в положение «$kΩ×1$».

4) Нажать клавишу включения прибора ВКЛ.

5) Для проведения калибровки кратковременно замкнуть входные клеммы прибора и вращением потенциометра «$r\_{x}$» установить стрелку прибора на максимальное отклонение, соответствующее нулевому показанию омметра. Если стрелка прибора не устанавливается, то следует заменить источник питания.

6) Разомкнуть зажимы, подключить к ним измеряемое сопротивление и снять отсчет по шкале «$kΩ$», «$MΩ$».

7) По окончании измерений нажать кнопку «ВЫКЛ».

Для измерения **малых** **сопротивлений** прибором необходимо:

1) Установить арретиром стрелку прибора на нуль.

2) Нажать одновременно клавиши «$kΩ$» и «–».

3) Установить галетный переключатель в положение «$Ω$».

4) Нажать клавишу включения прибора ВКЛ.

5) При разомкнутых клеммах провести калибровку омметра вращением потенциометра «$r\_{x}$», установив стрелку прибора на максимальное отклонение, соответствующее показанию омметра равному «$\infty $».

6) Подключить измеряемое малое сопротивление к основным клеммам прибора и снять отсчет по шкале «$Ω$».

7) По окончании измерения нажать кнопку «ВЫКЛ».

3.2 Измерение сопротивлений косвенным методом вольтметра – амперметра.

***При*** ***сборке*** ***схем*** ***измерений*** ***в*** ***качестве*** ***источника*** ***питания*** ***используется*** ***стабилизированный*** ***выпрямитель*** ***Б5 – 2*** ***(1,5*** ***–*** ***2)*** ***В.*** ***Для*** ***изменения*** ***тока*** ***в*** ***цепи*** ***в*** ***качестве*** ***сопротивления*** $R$ ***используется*** ***магазин*** ***сопротивлений.***

3.2.1 Для измерения **малых** **сопротивлений** **собрать** **схему** **рис.1.3.** После сборки схемы и проверки ее преподавателем установить предел измерения вольтметра 3 В, предел измерения амперметра (1,5–3) А, сопротивление магазина максимальным. Включить питание и, уменьшая сопротивления магазина, добиться показаний вольтметра (0,5–1,0) В, затем изменить предел измерения амперметра до получения показаний в пределах шкалы. Дальнейшим манипулированием пределов амперметра, вольтметра и величины сопротивления магазина установить показания вольтметра и амперметра в последней трети шкалы. Снять показания приборов и вычислить внутреннее сопротивление вольтметра по формуле

$R\_{V}=\frac{U\_{N}}{I\_{V}}$ (3.1)

где $U\_{N}$ – номинальное напряжение (предел шкалы) вольтметра;

$I\_{V}$ – ток через вольтметр при номинальном напряжении.

Значения $U\_{N}$ и $I\_{V}$ указаны на шкале прибора.

По формуле (5) определить величину измеряемого сопротивления.

3.2.2 Для измерения **больших** **сопротивлений** **собрать** **схему** **рис.1.4.** Используя рекомендации, данные в п. 2.1, установить показания приборов в последней трети шкалы. Снять показания приборов и вычислить внутреннее сопротивление амперметра по формуле

$R\_{A}=\frac{U\_{A}}{I\_{N}}$ (3.2)

где $I\_{N}$ – номинальный ток (предел измерения) амперметра;

$U\_{A}$ – падение напряжения на амперметре при протекании через него номинального тока. Значения $I\_{N}$ и $U\_{A}$ указаны на шкале прибора.

По формуле (6) вычислить величину измеряемого сопротивления.

3.3. Измерение сопротивления методом сравнения с мерой.

***Измерение*** ***больших*** ***и*** ***малых*** ***сопротивлений*** ***этим*** ***методом*** ***производится*** ***с*** ***помощью*** ***одинарно-двойного*** ***моста*** ***Р*** ***329*** ***класса*** ***точности*** ***0,05.*** ***Измерение*** ***больших*** ***сопротивлений*** ***в*** ***пределах*** ***от*** ***10*** ***до*** ***1000000*** ***Ом*** ***производится*** ***по*** ***схеме*** ***одинарного*** ***моста,*** ***принципиальная*** ***схема*** ***которого*** ***приведена*** ***на*** ***рис.*** ***5.***

Измерение производить в следующем порядке:



Рис.3.1.

1) Собрать схему наружных соединений одинарного моста согласно рис.6.1.

2) Замкнуть перемычкой зажимы «$+R\_{N}$» и «$-R\_{N}$».

3) Подсоединить к зажимам «*Г*» внешний гальванометр, после чего разблокировать его контакты. Арретиром выставить стрелку прибора на нулевую отметку.

4) Подсоединить к зажимам «$X\_{0}$ » измеряемое сопротивление.

5) Проверить положение кнопок «ГРУБО», «ТОЧНО». Они должны быть в отжатом состоянии.

6) Подсоединить к зажимам «*Б*» источник питания (соблюдение полярности не обязательно).

7) Выставить ориентировочное значение сопротивления $R\_{1}$, равное примерно $R\_{X}$, найденное при выполнении п. 6.2.2.

8) Установить сопротивления$R\_{2}=R\_{3}=10$ Ом.

9) Включить источник питания.

10) При нажатой кнопке «ГРУБО» вращением ручек декад сопротивления *R*1 добиться равновесия моста (нулевых показаний гальванометра).

11) Нажать кнопку «ТОЧНО» и вновь, изменяя **младшие** **разряды** сопротивления $R\_{1}$, добиться равновесия моста.

12) Вычислить измеряемое сопротивление по формуле (8).

Для первого измерения определить чувствительность моста, для чего:

1) Изменить величину сопротивления $R\_{1}$ на некоторое значение $∆R$ с таким расчетом, чтобы при нажатой кнопке «ТОЧНО» получить отклонение гальванометра $α=\left(10-20\right)$ делений.

2) Определить чувствительность моста по формуле

$S\_{M}=\frac{α}{\frac{∆R}{R\_{1}}100\%}$ (3.3)

Для повторного измерения установить сопротивления $R\_{2}=R\_{3}=100$ Ом.

Вновь, по предложенной выше методике, вычислить чувствительность моста.

Провести подобный эксперимент для случая установки сопротивлений $R\_{2}=R\_{3}=1000$ Ом.

За результат измерения принять тот, при котором определена максимальная чувствительность.

4. Измерение сопротивлений прибором Е7 – 21.

Провести калибровку измерителя иммитанса Е7 – 21 согласно инструкции по эксплуатации.

Подключить измеряемое сопротивление к прибору соединительными проводами. Провести измерение величин малого и большого сопротивлений в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

**5. Оценка** **точности** **измерений.**

5.1. Погрешность измерения сопротивлений методом непосредственного отсчета определяется через его класс точности. Условное обозначение класса точности омметра с неравномерной шкалой 2.5 означает, что класс точности присвоен по приведенной погрешности $γ$, равной отношению максимальной абсолютной погрешности $∆l$, выраженной в единицах длины (*мм*), к геометрической длине рабочей части шкалы $l$, выраженной в тех же единицах

$γ=\frac{∆l}{l}100\%$ (5.1)

Зная класс точности омметра $γ=2.5$ и длину шкалы $l≈80$ *мм*,

получим максимальную абсолютную погрешность измерительного механизма

$∆l=\frac{lγ}{100\%}=\frac{80∙2.5}{100}=2$ *мм* (5.2)

Перевод погрешности измерительного механизма $∆l$ в погрешность измерения $∆R$ производится методом интерполяции. Для этого необходимо влево и вправо от показания омметра определить риски шкалы, которым соответствуют значения сопротивлений $R\_{1}$ и $R\_{1}$. Затем с помощью линейки измерить расстояние между этими рисками $l$(*мм*). Погрешность измерения сопротивления определится

$∆R\_{X}=\frac{R\_{2}-R\_{1}}{l}∆l$. (5.3)

Поскольку шкала омметра неравномерна, то и погрешность $∆R\_{X}$ сильно зависит от показания омметра, а в некоторых точках шкалы даже от знака погрешности. В этом случае величины погрешностей вправо (+) и влево (-) от показания следует определить отдельно, используя формулу (5.3).

5.2. Оценка точности измерения сопротивления косвенным методом вольтметра – амперметра.

В основе определения погрешности косвенного измерения сопротивления используются формулы (1.5 и 1.6). Общая погрешность будет складываться из частных погрешностей за счет неточности измерения тока и напряжения и частной погрешности за счет неточности задания сопротивления $R\_{V}$ в формуле (1.5) и сопротивления $R\_{A}$ в формуле (1.6). Поскольку перечисленные погрешности носят систематический характер, общую погрешность косвенного измерения $∆R\_{X}$находим как алгебраическую сумму частных погрешностей.

5.2.1. Для определения погрешности измерения **малых** **сопротивлений** используется формула (1.5). Взяв частные производные и, переходя к относительным погрешностям, получим в окончательном виде формулу для определения относительной погрешности малого сопротивления:

$δR\_{X}=δU+δI+\left(δU+δI+δR\_{V}\right)\frac{R\_{X}}{R\_{V}}$ (5.4)

где $δU$ – относительная погрешность измерения напряжения, определяемая классом точности прибора**$γ\_{U}$, пределом шкалы вольтметра $U\_{N}$ и его показанием $U$, по формуле

$δU=\frac{γ\_{U}∙U\_{N}}{U∙100\%}$, (5.5)

$δI$ – относительная погрешность измерения тока, определяемая классом точности амперметра $γ\_{I}$, пределом шкалы амперметра $I\_{N}$ и его показанием $I$,

по формуле

$δI=\frac{γ\_{I}I\_{N}}{I∙100\%}$, (5.6)

$δR\_{V}$ – относительная погрешность задания сопротивления вольтметра равная 1%.

*Анализируя* *выражение* *(5.4)* *можно* *сделать* *заключение,* *что* *общая* *погрешность* *существенно* *уменьшается при* *измерении* *сопротивлений* $R\_{X}$ *много* *меньших* $R\_{V}$*.* *При* *измерении* *же* *по* *схеме* *рис1.4* *сопротивлений,* *сравнимых* *с* $R\_{V}$, *слагаемое* *в* *скобках* *в* *выражении* *(5.4)* *будет* *превалировать* *над* *остальными,* *величина* *которых* *определяется* *классом* *точности* *приборов,* *и* *общая* *погрешность* *резко* *возрастает.*

Абсолютное значение погрешности определится выражением:

$∆R\_{X}=δR\_{X}∙R\_{X}$ (5.7)

5.2.2. Для определения погрешности измерения **больших** **сопротивлений** используется формула (1.6). Взяв частные производные и, переходя относительным погрешностям, получим:

$δR\_{X}=\left(δU+δI\right)+\left(δU+δI+δR\_{A}\right)\frac{R\_{A}}{R\_{X}}$ (5.8)

где $δU$ – относительная погрешность измерения напряжения, определяемая выражением (7.4);

$δI$ – относительная погрешность измерения тока, определяемая выражением (7.5);

$δR\_{A}$ – относительная погрешность задания внутреннего сопротивления амперметра, равная 1%.

*Анализируя* *выражение* *(5.8)* *можно* *сделать* *заключение,* *что* *общая* *погрешность* *существенно* *уменьшается* *при* *измерении* $R\_{X}$ *много* *больших* $R\_{A}$*.* *При* *измерении* *же* *по* *схеме* *рис.* *2.4* *сопротивлений* *сравнимых* *с* $R\_{A}$ *второе* *слагаемое* *в* *выражении* *(5.8)* *будет* *превалировать* *над* *остальными,* *величина* *которых* *определяется* *классом* *точности* *приборов,* *и* *общая* *погрешность* *резко* *возрастает.*

Абсолютное значение погрешности определится выражением (5.7).

5.3 Оценка точности измерений методом сравнения с использованием одинарно – двойного моста Р 329.

Поскольку сравнение с мерой, в качестве которой используется сопротивление пяти декад $R\_{1}$, производится косвенно по выражению (1.8), то и общая погрешность будет складываться из частных погрешностей сопротивлений плеч моста и погрешности неточного уравновешивания моста. Ввиду того, что закон распределения систематических погрешностей сопротивлений плеч моста неизвестен, а прибор Р 329 не подлежит поверке как учебный, для вычисления общей погрешности используется арифметическое суммирование частных погрешностей:

$∆R\_{X}=\frac{R\_{2}}{R\_{3}}∆R\_{1}+\frac{R\_{1}}{R\_{3}}∆R\_{2}+\frac{R\_{X}}{R\_{3}}∆R\_{3}+∆R\_{M}$ (5.9)

где $∆R\_{M}$ – абсолютная погрешность измерения за счет неточного уравновешивания моста.

Переходя к относительным погрешностям, получим:

$δR\_{X}=δR\_{1}+δR\_{2}+δR\_{3}+δ\_{M}$ (5.10)

где $δR\_{1}$ – относительная погрешность декадной меры $R\_{1}$;

$δR\_{2}$, $ δR\_{3}$ – относительные погрешности плеч моста $R\_{2}$ и $R\_{3}$, равные 0,015%;

$δ\_{M}$ – частная относительная погрешность измерения, обусловленная неточностью уравновешивания моста.

$δ\_{M}=\frac{∆α}{S\_{M}∙100\%}$ (5.11)

где $S\_{M}$ – чувствительность моста, определяемая выражением (3.3);

$∆α$ – абсолютная погрешность уравновешивания моста по гальванометру. $∆α=\left(0.5 - 2\right)$ дел. в зависимости от тщательности установки равновесия. Подставляя в формулу (5.11) в выражение (3.3), получим:

$δ\_{M}=\frac{∆R}{R\_{1}}∙\frac{∆α}{α}$, (5.12)

где $∆R$ – отклонение сопротивления $R\_{1}$ для получения разбаланса моста на $α$делений.

Для определения $δR\_{1}$ сначала рассчитывают абсолютную погрешность $∆R\_{1}$ сопротивления $R\_{1}$. Так как сопротивление $R\_{1}$ представляет собой магазин сопротивлений, его погрешность $∆R\_{1}$ будет складываться из погрешностей отдельных резисторов декад магазина, включенных в плечо $R\_{1}$ моста при

равновесии. Например, если $R\_{1}=234,56$ Ом, то сопротивление представлено следующим образом:

$R\_{1}=\left(2∙100+3∙10+4∙1+5∙0,1+6∙0,01\right)$ Ом.

Поэтому величина $∆R\_{1}$ может быть рассчитана по формуле:

$∆R\_{1}=\sum\_{i=1}^{5}R\_{i}∙δR\_{i}=\sum\_{i=1}^{5}n\_{i}∙\frac{δ\_{i}\%∙R\_{i}}{100\%}$ (5.13)

где $i$ – порядковый номер декады;

$n\_{i}$ – количество сопротивлений $i$ – й декады, включенных в плечо $R\_{1}$ при равновесии;

$R\_{i}$ – цена деления *i* – й декады, Ом;

$δ\_{i}$ – относительная погрешность каждого сопротивления $i$ – й декады, которая определяется из таблицы 4.

Табл. 4

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| порядковый номер декады | *i* | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| цена деления сопротивления декады | $$R\_{i}$$ | 100 Ом | 10 Ом | 1 Ом | 0.1 Ом | 0.01 Ом |
| относительная погрешность сопротивления декады | $$δ\_{i}$$ | 0.015% | 0.015% | 0.15% | 0.55% | 1.0% |

Определив $∆R\_{1}$ , находят величину $δR\_{1}=\frac{∆R\_{1}}{R\_{1}}$, а затем $δR\_{X}$ по формуле (5.10). При этом следует помнить, что при складывании все составляющие следует выразить в одном масштабе (в процентах или относительных единицах).

После определения $δR\_{X}$ находят абсолютную погрешность измерения сопротивления $∆R\_{X}=δR\_{X}∙R\_{X}$, и результат записывают в виде $R\_{X}=R\_{ИЗМ}\pm ∆R\_{X}$, соблюдая при этом правила округления.

5.4. При измерении сопротивлений прибором Е7 – 21 погрешность измерения определяется в соответствии с техническими характеристиками прибора.

Приборы, используемые в работе.

1. Прибор для измерения сопротивлений (АВО – 5М, Ц4353 и др.);

2. Вольтметр класса точности 0.2;

3. Амперметр класса точности 0.2;

4. Источник питания (1.5 – 2) В;

5. Магазин сопротивлений или реостат;

6. Высокочувствительный гальванометр;

7. Одинарно-двойной мост Р 329;

8. Макет с измеряемыми малым и большим сопротивлениями;

9. Измеритель иммитанса Е7 – 21.

**ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ НА WORKBENCH**

Практическая часть на Work Bench

**Внимание: сопротивление RX в этой работе считаем неизвестным (хотя в EWB вынуждены ставить известное сопротивление) и находим его косвенным способом через ток и напряжение и оцениваем относительную δRX и абсолютную ΔRX погрешности.**

Задание к работе:

1. Собрать схему для измерения малых сопротивлений сравнимых с внутренним сопротивлением амперметра и значительно меньших по сравнению с внутренним сопротивлением вольтметра (рис.1).



Рис.1. Схема для косвенных измерений малых сопротивлений.

Внутренне сопротивление амперметра и вольтметра выбрать согласно таблице 1. Предел шкалы измерения вольтметра принять равным 1 В. Класс точности вольтметра принять равным 1, а класс точности амперметра – 0,5.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № Варианта | IN, mA | RA, Ом | RV, кОм | RХ, Ом |
| 1 | 50 | 40 | 5 | 35 |
| 2 | 100 | 30 | 2 | 25 |
| 3 | 150 | 25 | 6 | 30 |
| 4 | 200 | 20 | 4 | 25 |
| 5 | 250 | 15 | 3 | 15 |
| 6 | 300 | 10 | 1 | 15 |

С помощью переменного сопротивления добиться, чтобы ток амперметра не превышал IN для каждого варианта.

По формуле (1.3) рассчитать сопротивление резистора RХ, измеренное косвенным методом и сравнит с его значение, указанным в таблице.1 .

По формуле (5.4) рассчитать относительную погрешность измерения RХ косвенным методом.

Увеличить сопротивление RХ в 10 раз выполнить измерения и рассчитать погрешность. Если вольтметр в этом случае показывает значени е напряжения больше 1 В, то верхний предел измерения взять равным 2 или 3 В.

Записать результаты измерений в виде таблицы 2.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Соотношение  | RХ | δRХ | ΔRХ | RХ±ΔRХ |
| RХ≈RA |  |  |  |  |
| RХ>> RA |  |  |  |  |

2. Собрать схему для измерения больших сопротивлений сравнимых с внутренним сопротивлением вольтметра и значительно больших по сравнению с внутренним сопротивлением амперметра (рис.2).



Рис.2. Схема для косвенных измерений больших сопротивлений

Внутренне сопротивление амперметра и вольтметра выбрать согласно таблице 3. Предел шкалы измерения вольтметра принять равным 50 В. Класс точности вольтметра принять равным 1, а класс точности амперметра – 0,5.

Таблица 3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № Варианта | IN, mA | RA, Ом | RV, кОм | RХ, кОм |
| 1 | 15 | 40 | 5 | 6 |
| 2 | 50 | 30 | 2 | 2,5 |
| 3 | 30 | 25 | 6 | 4 |
| 4 | 20 | 20 | 4 | 5 |
| 5 | 50 | 15 | 3 | 3 |
| 6 | 75 | 10 | 1 | 1,5 |

С помощью переменного сопротивления добиться, чтобы ток амперметра не превышал IN для каждого варианта.

По формуле (1.3) рассчитать сопротивление резистора RХ, измеренное косвенным методом и сравнит с его значение, указанным в таблице.1 .

По формуле (5.4) рассчитать относительную погрешность измерения RХ косвенным методом.

Уменьшить сопротивление RХ в 10 раз выполнить измерения и рассчитать погрешность.

Записать результаты измерений в виде таблицы 4.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Соотношение  | RХ | δRХ | ΔRХ | RХ±ΔRХ |
| RХ≈RV |  |  |  |  |
| RХ<< RV |  |  |  |  |

Контрольные вопросы.

1. Какие виды измерений рассматриваются в лабораторной работе? Дайте им определения.

2. К какому виду измерений относятся:

а) измерение сопротивлений с помощью электромеханического омметра?

б) измерение сопротивлений методом вольтметра – амперметра?

в) измерение сопротивлений мостовым методом?

3. Нарисуйте варианты схем для измерения сопротивлений методом вольтметра – амперметра. Объясните предпочтительность использования той или иной схемы для измерения больших или малых сопротивлений.

6. Как определить погрешность косвенного измерения сопротивления методом вольтметра – амперметра? Объяснить с приведением математического обоснования.

7. Нарисуйте схему одинарного моста для измерения сопротивлений. Обоснуйте его работу с применением математических выкладок.

8. Что такое чувствительность моста и как она влияет на точность измерения сопротивлений?

9. Назовите источники погрешностей при измерении сопротивлений мостовым методом. Дайте им физическое истолкование.