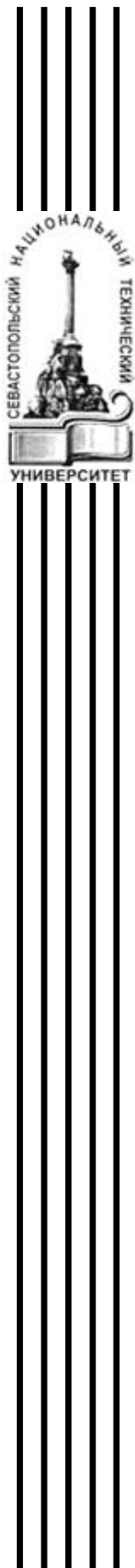


Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет



ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОСТОЯННОМУ ТОКУ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Основы метрологии»
для студентов направления подготовки 050201
«Системная инженерия»
дневной и заочной форм обучения

Севастополь
2013



УДК 621.317

Исследование методов измерения сопротивления постоянному току: Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Основы метрологии» для студентов направления подготовки 050201 «Системная инженерия» дневной и заочной форм обучения / Разраб. С.П. Быков, В.В. Чмут – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2012.- 15 с.

Целью методических указаний является обеспечение наглядного изучения методов измерения сопротивления постоянному току, оценка погрешности измерения сопротивления косвенными методами и прямопоказывающими приборами; приобретение студентами практических навыков работы с аналоговыми и цифровыми измерительными приборами.

Методические указания предназначены для студентов направления подготовки 050201 «Системная инженерия» дневной и заочной форм обучения.

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры технической кибернетики,
протокол № 5 от 21.02.2013 г.

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний

Рецензент: Кудрявченко И.В., к.т.н., доцент кафедры ИС

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работы	4
2. Краткие теоретические сведения	5
3. Описание лабораторной установки	6
4. Порядок выполнения экспериментальных исследований	7
5. Порядок выполнения теоретических расчетов	11
6. Содержание отчета о выполнении лабораторной работы.....	13
7. Контрольные вопросы	13
Библиографический список	14
Приложение А. Пределы допускаемой основной погрешности измерительных приборов	15

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является углубление и закрепление полученных теоретических знаний о методах измерения сопротивления постоянному току.

При выполнении лабораторной работы студенты должны приобрести навыки измерения сопротивления постоянному току методом двух приборов, методом одного прибора и приборами непосредственной оценки; освоить приемы оценки погрешности измерения сопротивления косвенными методами и прямопоказывающими приборами; экспериментально определить метрологические характеристики рассматриваемых измерительных схем; научиться выбирать метод измерения и соответствующее оборудование для конкретных целей.

2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Косвенные методы измерения сопротивлений требуют применения двух приборов (см. п. 2.4) или двух измерений одним прибором (п. п. 2.1 и 2.2). Выбор метода измерения определяется величиной сопротивления, требуемой точностью и техническими условиями.

2.1. Метод одного вольтметра

Метод одного вольтметра удобен, когда сопротивление вольтметра и измеряемое имеют один порядок (сопротивление вольтметра должно быть известно). В этом случае производят два отсчета по шкале вольтметра: первый, когда измеряемое сопротивление отсутствует, и второй — когда оно включено. Следует отметить, что для метода одного вольтметра необходим стабилизированный источник питания, внутреннее сопротивление которого пренебрежимо мало.

2.2. Метод сравнения

Этот метод применяется, если имеется возможность сравнить измеряемое сопротивление с образцовым (необходим магазин сопротивлений).

2.3. Прямопоказывающие омметры

Если в процессе измерения напряжение питания поддерживать постоянным, то из закона Ома следует, что сопротивление можно определить на основании одного измерения. На этом принципе основано применение прямопоказывающих омметров с последовательной или параллельной схемой включения измеряемого резистора. В обоих случаях требуется тщательная установка нуля шкалы омметра. Это необходимо для сохранения режима питания, использованного при градуировке. Точность измерения омметрами невелика в силу большой нелинейности шкалы и зависимости показаний от напряжения питания измерительной схемы.

2.4. Метод двух приборов (амперметра и вольтметра)

Погрешность данного метода обуславливается как классом точности приборов, так и способом их включения в измерительную схему. Методическую погрешность можно учесть и исключить, если известны сопротивления амперметра и вольтметра.

Определение погрешности измерения осуществляется по расчетной формуле с учетом классов точности приборов. Несмотря на сравнительно невысокую точность, метод двух приборов широко применяется для измерения сопротивлений, зависящих от величины тока, когда применение прямопоказывающих приборов невозможно. Основным достоинством метода следует считать сохранение рабочего режима измеряемого участка цепи (если необходимо измерить сопротивление цепи, находящейся под током).

2.5. Цифровой метод

Цифровой метод обеспечивает высокую точность измерений и применяется в качестве образцового метода.

3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная работа выполняется на установке, которая монтируется на приборной доске, закрепленной на лабораторном столе в вертикальном положении, и содержит следующие средства измерения, контроля и управления:

- микроамперметр М 906 - обеспечивает возможность измерения токов в диапазоне от 0 до 500 мкА;
- вольтметр ПУ-501 - обеспечивает измерение напряжений в диапазоне от 0 до 6 В;
- вольтметр универсальный В7-16А - обеспечивает измерение сопротивлений R_X (подключается к клеммам « R_X »);
- магазин сопротивлений РЗЗ — обеспечивает установку значения образцового сопротивления R_M в диапазоне от 0 до 99999,9 Ом с шагом 0,1 Ом (подключается к клеммам « R_M »);
- ручки потенциометра $U_{\text{пит}}$ и переменного сопротивления R_d (УСТ.0); предназначены для регулировки напряжения питания измерительной схемы;
- переключатель СХЕМА; предназначен для переключения измерительных схем, соответствующих рисункам 1-5;
- выключатель СЕТЬ - обеспечивает подачу сетевого напряжения 220 В в схемы питания индикаторной лампы (предназначенной для индикации номера схемы измерения) и стабилизированного источника постоянного напряжения 6В;
- переключатель SA1; предназначен для подключения магазина сопротивлений R_M или измеряемого сопротивления R_X ;
- переключатель ВАРИАНТ предназначен для переключения резисторов с сопротивлением R_X .

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Переключателем ВАРИАНТ установить номер варианта (номер варианта задает преподаватель).

4.1 Измерение сопротивления одним вольтметром

На рисунке 1 представлена схема измерения сопротивления одним вольтметром.

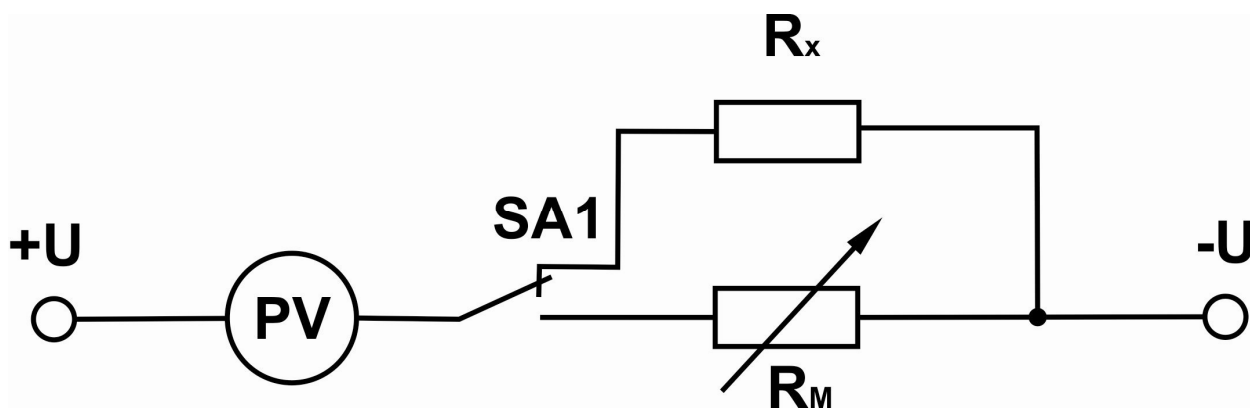


Рисунок 1 — Схема измерения сопротивления одним вольтметром

Включить схему измерений, представленную на рисунке 1.

Для этого необходимо:

- переключатель измерительных схем установить в положение 1;
- магазин сопротивления РЗЗ подключить к клеммам « R_M »;
- переключатель $SA1$ установить в положение « R_M »;
- установить сопротивление магазина R_M равным нулю.

Включить электропитание лабораторной установки и с помощью ручки « $U_{ПИТ}$ » получить удобное для отсчета значение напряжения U_1 в конце шкалы вольтметра.

Переключатель $SA1$ установить в положение « R_x » и произвести отсчет значения напряжения U_2 по шкале вольтметра. Ручку потенциометра « $U_{ПИТ}$ » установить в крайнее левое положение ($U_{ПИТ} = 0$).

4.2. Измерение сопротивления методом сравнения

На рисунке 2 представлена схема измерения сопротивления методом сравнения.

Включить схему измерения сопротивления методом сравнения, представленную на рисунке 2.

Для этого необходимо:

- переключатель измерительных схем установить в положение 2;
- переключатель $SA1$ установить в положение « R_x »;
- установить сопротивление магазина $R_M = 99999,9$ Ом (максимальное сопротивление).

Ручкой « $U_{ПИТ}$ » установить удобное для отсчета значение тока I_1 в конце шкалы микроамперметра.

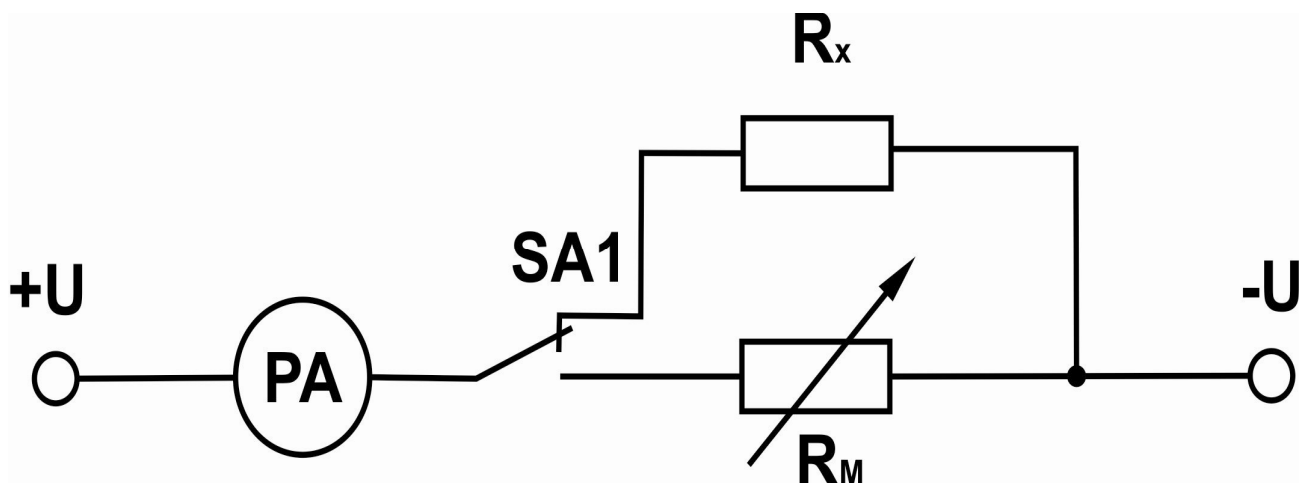


Рисунок 2 - Измерение сопротивления методом сравнения

Переключатель SA1 установить в положение « R_M » и, постепенно уменьшая сопротивление R_M , установить удобное для отсчета значение тока I_2 .

Произведя отсчет значений R_M и I_2 , вернуть ручку потенциометра R_M в крайнее левое положение ($U_{\text{ПИТ}} = 0$).

Примечание. Для упрощения расчетов погрешности измерения сопротивления R_x рекомендуется устанавливать равные значения токов I_1 и I_2 (см. п.5.2).

4.3. Измерение сопротивления омметром

На рисунке 3 представлена схема измерения сопротивления омметром.

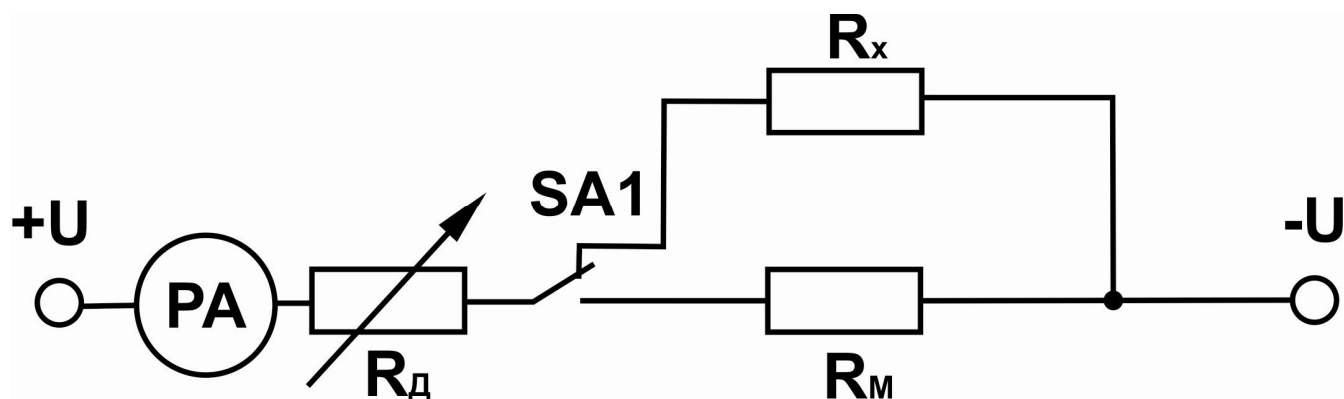


Рисунок 3 - Схема измерения сопротивления омметром

Включить схему измерения сопротивления омметром, представленную на рисунке 3. Для этого необходимо:

- переключатель измерительных схем установить в положение 3;
- переключатель SA1 установить в положение « R_M »;
- установить сопротивление магазина R_M равным нулю.

Ручку потенциометра « $U_{\text{ПИТ}}$ » перевести в крайнее правое положение,

соответствующее максимальному значению напряжения питания.

Произвести градуировку шкалы микроамперметра в килоомах.

С помощью резистора R_d (УСТ.0) установить номинальное значение тока микроамперметра (500 мкА), соответствующее нулю шкалы омметра последовательного типа.

После установки нуля шкалы необходимо с помощью магазина сопротивлений R_M определить численные значения шкалы микроамперметра, соответствующие градуировочным отметкам, и занести их в таблицу 1.

Таблица 1 – Градуировка шкалы микроамперметра

R_M , кОм	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
I , мкА	500										

Переключатель SA1 установить в положение « R_x » и произвести отсчет значения тока I , соответствующего измеряемому сопротивлению R_x . Ручку « $U_{\text{ПИТ}}$ » повернуть в крайнее левое положение ($U_{\text{ПИТ}} = 0$).

4.4. Измерение сопротивления двумя приборами

На рисунке 4 приведена схема измерения сопротивления двумя приборами.

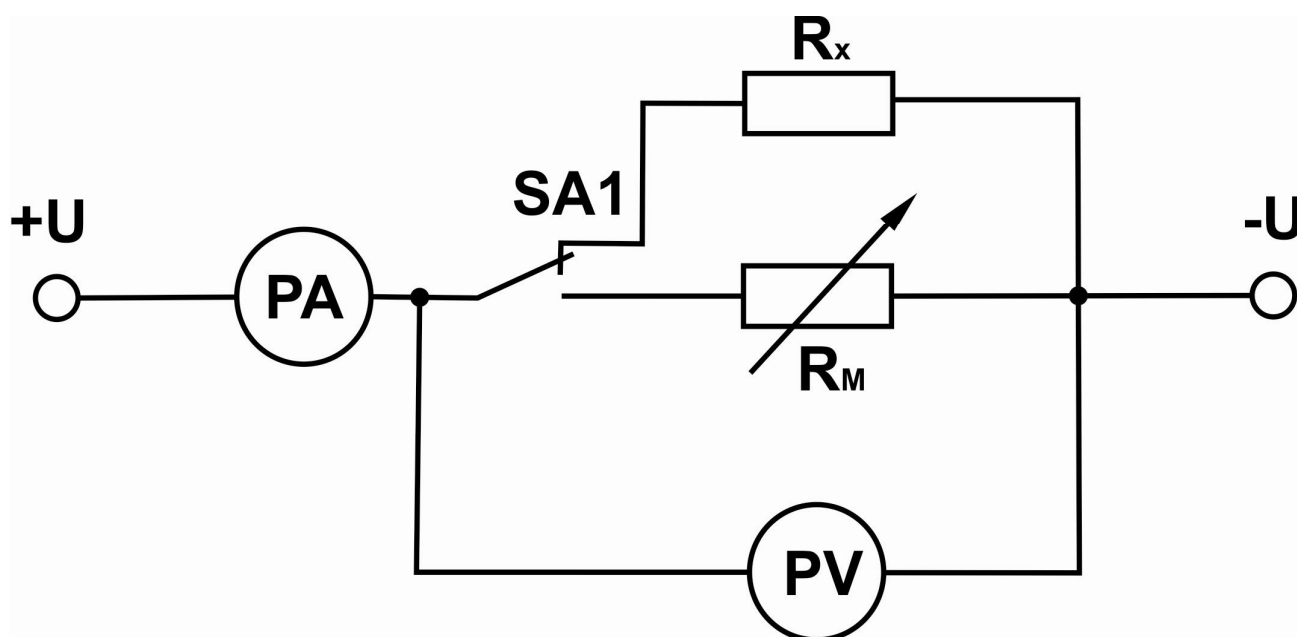


Рисунок 4 - Измерение сопротивления двумя приборами

Включить схему измерения сопротивления двумя приборами, представленную на рисунке 4.

Для этого необходимо:

- переключатель измерительных схем установить в положение 4;
- переключатель SA1 установить в положение « R_x ».

С помощью ручки потенциометра « $U_{\text{ПИТ}}$ » установить удобные для отсчета показания приборов и произвести отсчет значений напряжения и тока,

соответствующих измеряемому сопротивлению R_x .

Ручку « $U_{\text{ПИТ}}$ » повернуть в крайнее левое положение ($U_{\text{ПИТ}} = 0$).

Переключатель измерительных схем установить в положение 5 (переключатель SA1 установлен в положение « R_x ») и повторить измерения напряжения и тока по п.4.4.2 для схемы, приведенной на рисунке 5.

4.5. Измерение сопротивления цифровым омметром

Переключатель SA1 установить в положение « R_M ». Цифровой универсальный вольтметр перевести в режим измерения сопротивления и подключить к клеммам « R_x ». Произвести измерение сопротивления R_x . Интервал возможных значений ΔR_x определить в соответствии с указаниями, приведенными в приложении А.

Считая результат измерения цифровым омметром действительным значением R_x , дать сравнительную оценку изученным методам по величине относительной погрешности, выраженной в процентах.

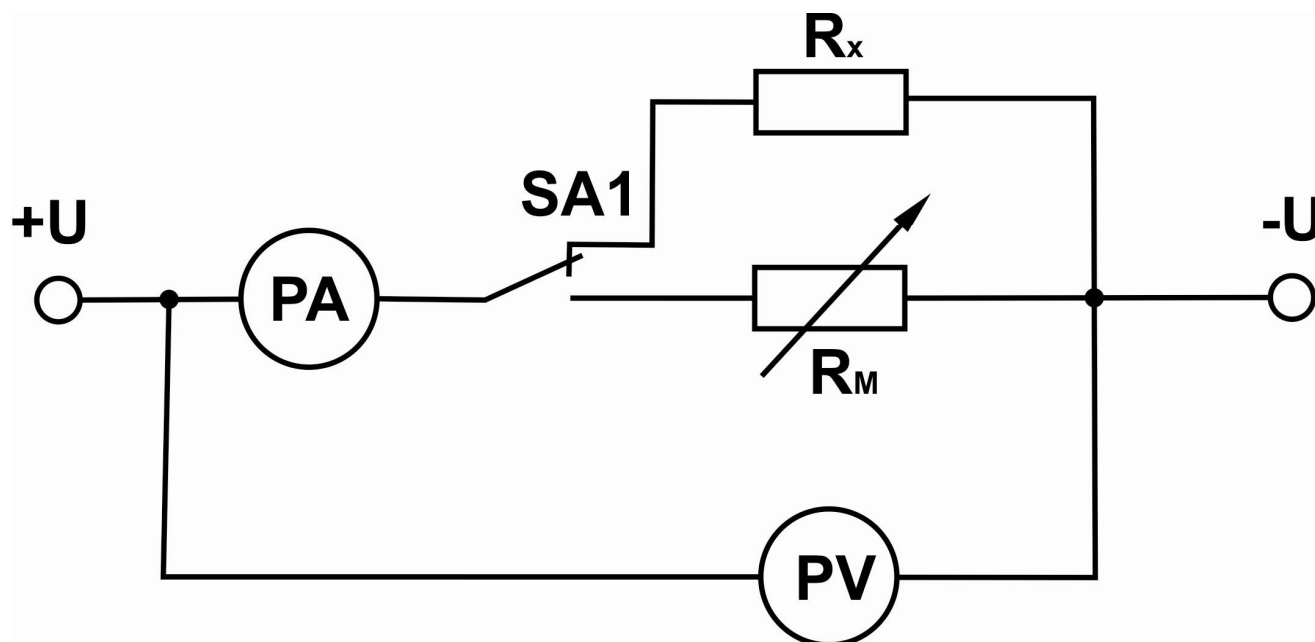


Рисунок 5 — Измерение сопротивления двумя приборами

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

По результатам измерений по п.п.4.1 - 4.4 рассчитать интервал возможных значений измеренного сопротивления и записать результат в виде:

$$R_X = R_{\text{ИЗМ}} \pm \Delta R_X,$$

где $R_{\text{ИЗМ}}$ - измеренное значение сопротивления.

Примечание. Для расчета ΔR_X при косвенных измерениях необходимо:

- записать выражение полного дифференциала функции нескольких переменных, принимая в качестве функции расчетную формулу для определения R_X , а в качестве переменных (аргументов) - промежуточные результаты измерений;
- произвести замену дифференциала функции (аргумента) на приращение Δ функции (аргумента);
- подставить в полученное выражение измеренные значения переменных и соответствующие им значения абсолютных погрешностей измерения;
- произвести численное сравнение отдельных слагаемых по их абсолютным значениям; если имеются слагаемые, составляющие менее 1/5 от максимального значения, то их необходимо исключить;
- произвести «геометрическое суммирование» оставшихся слагаемых: каждое из слагаемых возвести в квадрат, рассчитать сумму квадратов и из полученного результата извлечь квадратный корень.

Рассчитать погрешность измерения сопротивления одним вольтметром.

Для расчета сопротивления R_X и возможного интервала его значений ΔR_X необходимо использовать формулу:

$$R_X = R_B \frac{U_1 - U_2}{U_2}, \quad (1)$$

где R_B - сопротивление вольтметра. Значение R_B , измеренное прибором В7-16, указано на стенде.

Рассчитать погрешность измерения сопротивления методом сравнения.

Для расчета сопротивления R_X и возможного интервала его значений ΔR_X необходимо вывести формулу:

$$R_X = \frac{I_2}{I_1} (R_A + R_M) - R_A, \quad (2)$$

где R_A - сопротивление микроамперметра. Значение R_A , измеренное прибором В7-16, указано на стенде.

Примечание. Если при выполнении п.4.2 устанавливались равные значения токов I_1 и I_2 , то сопротивление R_A исключается, т.к. $R_X = R_M$. Однако при расчете интервала значений ΔR_X следует учесть, что ток измерялся дважды.

Рассчитать погрешность измерения сопротивления омметром. Значение

R_x определить путем линейной интерполяции:

$$R_x = R_{M1} + (R_{M2} - R_{M1}) \frac{I_1 - I}{I_1 - I_2}, \quad (3)$$

где R_{M1} и R_{M2} - градуировочные значения величины сопротивления R_M , соответствующие токам I_1 и I_2 ($I_1 > I > I_2$).

Интервал возможных значений R_x рассчитывается на основании формулы (3).

Рассчитать погрешность измерения сопротивления двумя приборами. По показаниям приборов рассчитать значения сопротивлений для схем, приведенных на рисунках 4 и 5:

$$R_x = \frac{U}{I}, \quad (4)$$

Результаты расчетов по формуле (4) содержат методические погрешности, связанные с сопротивлениями приборов R_B и R_A :

$$\text{для первой схемы: } R'_x = \frac{R_x R_B}{R_x + R_B}; \quad (5)$$

$$\text{для второй схемы: } R'_x = R_x + R_A. \quad (6)$$

На основании формул (4), (5) и (6) произвести расчет действительных значений R_x и соответствующих интервалов значений ΔR_x , обусловленных точностью измерения расчетных величин.

Составить сводную отчетную таблицу, в которой для изученных методов (схем) измерений привести:

- измеренные значения R_x ;
- расчетные значения абсолютных и относительных погрешностей;
- значения погрешностей по отношению к цифровому методу измерения.

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Отчет, представляемый к защите после окончания исследования, должен содержать:

- титульный лист;
- цель исследования;
- принципиальную схему лабораторной установки;
- перечень используемых приборов;
- результаты эксперимента;
- результаты расчетов;
- выводы по результатам исследования.

На оформление студентом индивидуального отчета отводится внеаудиторное время в количестве 0.5 от числа аудиторных часов. Защита отчета производится на очередном занятии.

Студент, не оформивший или не защитивший отчет по предыдущей работе, к выполнению очередной лабораторной работы не допускается.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

7.1. Какие измерительные схемы могут применяться при использовании метода двух приборов?

7.2. Как рассчитать и исключить методические погрешности измерения сопротивления двумя приборами?

7.3. Как рассчитывается интервал возможных значений сопротивления при использовании метода двух приборов?

7.4. Нарисуйте схемы измерения сопротивления с использованием одного прибора и поясните их работу.

7.5. Как рассчитываются интервалы значений R_x при использовании одного прибора?

7.6. Объясните принцип действия прямопоказывающих омметров.

7.7. Как рассчитывается интервал значений R_x при использовании прямопоказывающих омметров?

7.8. Как производится сравнительная оценка различных методов измерения сопротивления постоянному току?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Душин Е.М. Основы метрологии и электрические измерения / Б.Я. Авдеев, Е.М. Антонюк, Е.М. Душин; под ред. Е.М. Душина. – Л.: Энергоатомиздат, 1987.- 480с.
2. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Часть 1. Общая теория измерений: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. / И.Ф. Шишкин. – СПб.: Питер, 2010. – 192 с. (Учебник для вузов).
3. Сергеев А.Г. Метрология: учебник / А.Г. Сергеев. – М.: Логос, 2005. – 272 с.
4. Шишмарев В.Ю. Электрорадиоизмерения: уч. пособие для студ. образоват. учреждений сред. проф. образ. / В.Ю. Шишмарев, В.И. Шанин; под ред. В.Ю. Шишмарева. – М.: ИЦ «Академия», 2004.- 336 с.; ил. (Среднее специальное образование).
5. Хрусталева З.А. Электротехнические измерения: учебник. / З.А. Хрусталева. - М.: КноРус, 2011. – 208 с.
6. Панфилов В.А. Аналоговые методы и средства электрических измерений / В.А. Панфилов. – М.: Энергопресс, 2006. – 112 с.
7. Шишмарев В.Ю. Средства измерений / В.Ю. Шишмарев.. - М.: ИЦ «Академия», 2010.- 320 с.
8. Хромоин П.К. Электротехнические измерения: уч. пособие / П.К. Хромоин. – М.: Форум, 2008. – 288 с., ил. (Профессиональное образование).
9. Пустовая О.А. Электрические измерения: уч. пособие / О.А. Пустовая. - М.: КноРус, 2010. – 247 с. (Высшее образование).
10. Афанасьев А.А. Физические основы измерений: учебник / А.А. Афанасьев. - М.: ИЦ «Академия», 2010. (Высшее профессиональное образование).
11. Кудасов Ю.Б. Электротехнические измерения: уч. пособие / Ю.Б. Кудасов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 184 с.
12. Засоби та методи вимірювань неелектричних величин: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець, Б. І. Стадник и др.; Ред. Є. С. Поліщук; Ін-т інновац. технологій і змісту освіти. - Львів : Бескид Біт, 2008. - 618 с. : іл.
13. Сергеев А.Г. Метрология и метрологическое обеспечение: учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. "Метрология и метрологическое обеспечение", "Стандартизация и сертификация" и "Управление качеством" / А. Г. Сергеев. - М. : Высшее образование, 2008. - 576 с.: ил.
14. Назаров Н.Г. Метрология : основные понятия и математические модели: учеб. пособие для студ. вузов / Н. Г. Назаров. - М.: Высшая школа, 2002. - 348 с.: ил.
15. Желєзна А.О. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: навч. посіб. для студ. машинобуд. та приладобуд. спец. / А. О. Желєзна, В. А. Кирилович ; Житомир. держ. технолог. ун-т. - К.: Кондор, 2004. - 796 с.: ил.
16. Методы электрических измерений: учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. "Информационно-измер. техника" / Ред. Э. И. Цветков. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. - 388 с.: ил.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Пределы допускаемой основной погрешности измерительных приборов

А.1. Вольтметр универсальный цифровой В7-27

Измерение активного сопротивления на пределах 1, 10 Ом:

$$\delta = \pm \left[0,5 + 0,2 \cdot \left(\frac{R_K}{R} - 1 \right) \right]; \%,$$

на остальных пределах:

$$\delta = \pm \left[0,4 + 0,2 \cdot \left(\frac{R_K}{R} - 1 \right) \right]; \%,$$

где R_K – значение включенного предела измерения;
 R – измеренное значение сопротивления.

А.2. Вольтметр универсальный цифровой В7-16

Измерение сопротивления при времени преобразования 20 мс:

$$\delta = \pm \left(0,2 + 0,02 \frac{R_K}{R} \right); \%$$

при времени преобразования 2 мс:

$$\delta = \pm \left(0,2 + 0,2 \frac{R_K}{R} \right); \%,$$

где R_K – значение включенного предела измерения;
 R – измеренное значение сопротивления.

А.3. Магазин сопротивлений РЗЗ

$$\delta = \pm \left[0,2 + 6 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{R_K}{R} - 1 \right) \right]; \%,$$

где R_K – наибольшее значение сопротивление магазина, Ом;
 R – значение установленного сопротивления, Ом.

А.3. Прямопоказывающий омметр

$$\delta = \pm \left(1,5 \frac{l}{R} \div \frac{dR}{dl} \right); \%$$

где l – длина шкалы омметра, мм;

$\frac{dl}{dR}$ – чувствительность омметра в данной точке шкалы, мм/Ом

Заказ № _____ от «_» _____ 2012 г. Тираж _____ экз.
Изд-во СевНТУ