

Лабораторная работа № 2.2

ИЗМЕНЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Цель работы: изучение метода изменения пределов измерения вольтметра и амперметра.

Оборудование: регулируемый источник питания, вольтметр, миллиамперметр, мультиметр, магазин сопротивлений, соединительные провода.

Общие сведения

1. Изменение предела измерения амперметра

Амперметр – электроизмерительный прибор, предназначенный для измерения силы тока. Всякий амперметр характеризуется своим **пределом измерения** I_m – *максимальным значением силы тока, которое он может измерить*. Другой характеристикой амперметра является его внутреннее сопротивление R_A . Чем меньше внутреннее сопротивление, тем меньшее изменение силы тока происходит на том участке цепи, куда включается амперметр. «Идеальным» называется амперметр с нулевым внутренним сопротивлением.

Для увеличения предела измерения амперметра применяется его шунтирование – подключение параллельно амперметру сопротивления $R_{ш}$, называемого шунтом (рис. 2.2.1). При этом часть тока $I_{ш}$ ответвляется через шунт, а общий измеряемый ток I'_m становится больше, чем предел измерения амперметра I_m . Такое соединение можно рассматривать как амперметр с новым пределом измерения, равным I'_m . Применим для расчета схемы правила Кирхгофа:

$$\begin{cases} I'_m = I_m + I_{ш}, \\ I_m R_A - I_{ш} R_{ш} = 0. \end{cases} \quad (2.2.1)$$

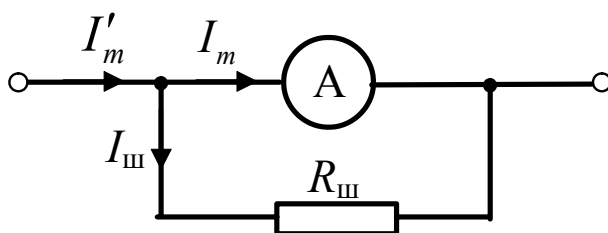


Рис. 2.2.1

Решив эту систему уравнений относительно I'_m , получим

$$I'_m = I_m \left(1 + \frac{R_A}{R_{ш}} \right). \quad (2.2.2)$$

Таким образом, чем меньше будет сопротивление шунта $R_{ш}$, тем больше будет новый предел измерения I'_m . Выразим из (2.2.2) сопротивление шунта:

$$R_{ш} = \frac{R_A}{\frac{I'_m}{I_m} - 1} = \frac{R_A}{n - 1}, \quad (2.2.3)$$

где величину $n = \frac{I'_m}{I_m}$ называют коэффициентом шунтирования.

2. Изменение предела измерения вольтметра

Вольтметр – электроизмерительный прибор, предназначенный для измерения разности потенциалов на участке цепи. Выводы вольтметра подключаются к тем точкам, разность потенциалов которых необходимо измерить. Для однородного участка цепи разность потенциалов равна напряжению на участке. Поэтому обычно говорят, что вольтметр измеряет напряжение на участке. **Пределом измерения вольтметра** U_m называют *максимальное значение напряжения, которое может измерить вольтметр*. Для того, чтобы при подключении вольтметра токи в схеме изменялись мало, необходимо, чтобы его внутреннее сопротивление R_v было бы как можно большим. «Идеальным» называют вольтметр с бесконечным внутренним сопротивлением.

Пределу измерения вольтметра соответствует максимальный ток вольтметра:

$$I_m = \frac{U_m}{R_v}. \quad (2.2.4)$$

Для изменения предела измерения вольтметра последовательно с ним включают добавочное сопротивление R_d (рис. 2.2.2). При этом измеряемое напряжение U'_m равно

$$U'_m = U_m + U_d,$$

где U_d – напряжение на добавочном сопротивлении. Так как ток через вольтметр равен току через добавочное сопротивление, напряжение $U_d = I_m R_d$. Поэтому

$$U'_m = U_m + I_m R_d, \quad (2.2.5)$$

откуда

$$R_d = \frac{U'_m - U_m}{I_m} = \frac{U'_m - U_m}{U_m} R_v = \left(\frac{U'_m}{U_m} - 1 \right) R_v = (m - 1) R_v, \quad (2.2.6)$$

где $m = \frac{U'_m}{U_m}$ – коэффициент изменения предела измерения напряжения.

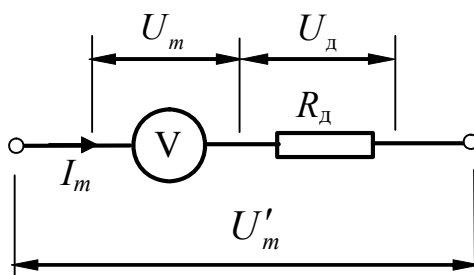


Рис. 2.2.2

Вольтметр с подсоединенным к нему добавочным сопротивлением можно рассматривать как вольтметр с новым пределом измерения, равным U'_m . Рассчитать добавочное сопротивление можно по формуле (2.2.6).

Описание установки и метода измерения

Лабораторная установка (рис. 2.2.3) состоит из следующего:

- регулируемый источник питания постоянного тока 1;
- вольтметр 2 и миллиамперметр 3, пределы измерения которых будут изменяться;
- многопредельный цифровой мультиметр (тестер) 4;
- магазин сопротивлений 5.

Для соединения приборов используется комплект из пяти проводов.

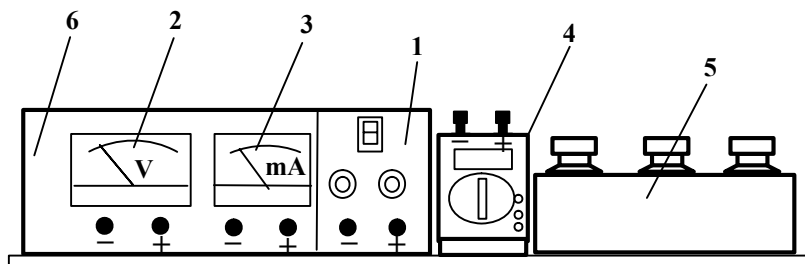


Рис. 2.2.3

Источник питания, вольтметр и миллиамперметр расположены в одном общем корпусе 6.

Источник питания 1 имеет выключатель, выходные клеммы и две ручки регулировки напряжения – «грубо» и «точно». Около выходных клемм указана их полярность «+» и «-».

Вольтметр 2 и миллиамперметр 3 являются стрелочными измерительными приборами магнитоэлектрической системы. Они предназначены для измерения постоянных напряжений и токов, соответственно. Поэтому при включении их в электрическую цепь необходимо учитывать полярность их выводов (она указана на корпусе около клемм подключения). Положительный вывод подключается к точке схемы с бóльшим потенциалом, отрицательный – к точке с меньшим потенциалом.

Мультиметр 4 – многопредельный комбинированный цифровой измерительный прибор. В данной работе мы будем использовать его в режимах измерения:

- постоянного напряжения – положения переключателя, обозначенные DCV;
- постоянного тока – положения переключателя, обозначенные DCA.

Выходные клеммы мультиметра продублированы на корпусе его подставки.

Магазин сопротивлений 5 – это переменный резистор, регулируемый ступенчато с большой точностью. Набор нужного сопротивления производится с помощью шести декадных переключателей. Каждый переключатель имеет десять положений (от 0 до 9), а около них указаны их множители (0,1; 1; 10; 100; 1000; 10000). Полное сопротивление, набранное на магазине, определяется как сумма произведений положений переключателей на их множители.

Для включения магазина сопротивлений в электрическую цепь используются клемма, обозначенная цифрой 0, и одна из клемм, обозначенных как 0,9Ω; 9,9Ω; 99999,9Ω (эти обозначения указывают максимальное сопротивление в омах, которое можно получить при использовании данной клеммы).

Лабораторная работа состоит из двух заданий:

- 1) изменение предела измерения миллиамперметра;
- 2) изменение предела измерения вольтметра.

Для выполнения первого задания преподаватель должен указать вам новый предел измерения миллиамперметра I'_m . Используя данные миллиамперметра – его предел измерения I_m и его внутрен-

нее сопротивление R_A , по формуле (2.2.3) вы должны рассчитать необходимое шунтирующее сопротивление $R_{ш\text{ расч}}$. Затем вы должны собрать электрическую цепь, схема которой показана на рис. 2.2.4. В этой цепи в качестве эталонного амперметра $A_э$ используется мультиметр в режиме измерения тока; в качестве шунтирующего сопротивления $R_{ш}$ – магазин сопротивлений.

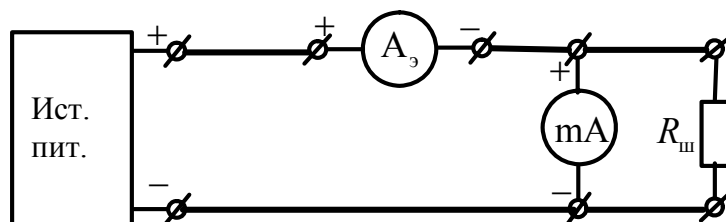


Рис. 2.2.4

После сборки цепи вы должны набрать на магазине сопротивлений расчетное сопротивление шунта и проверить, получился ли тот предел измерения, который был вам задан. Если экспериментально полученный предел измерения не совпадет с заданным, необходимо подобрать на магазине сопротивлений такое сопротивление шунта $R_{ш\text{ эксп}}$, при котором предел измерения окажется равным заданному.

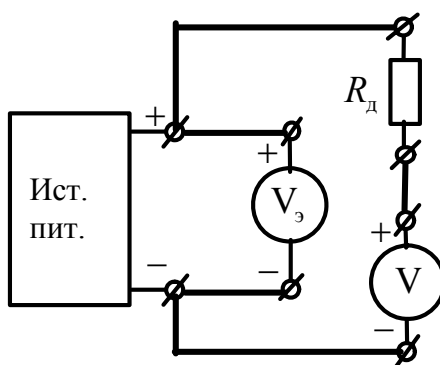


Рис. 2.2.5

Для выполнения второго задания преподаватель задает вам новый предел измерения вольтметра U'_m . По пределу измерения вольтметра U_m и его внутреннему сопротивлению R_V вы рассчитываете добавочное сопротивление $R_{д\text{ расч}}$ по формуле (2.2.6). После этого собираете цепь, схема которой показана на рис. 2.2.5. В качестве эталонного вольтметра $V_э$ используется мультиметр в режиме измерения напряжения, в качестве добавочного сопротивления $R_д$ – магазин сопротивлений.

Набрав на магазине сопротивлений расчетное добавочное сопротивление, вы должны проверить, получился ли тот предел измерения, который был вам задан. В случае несовпадения предела измерения с заданным необходимо подобрать $R_{\text{д эксп}}$, при котором предел измерения окажется равным заданному.

Порядок выполнения измерений

1. Получить у преподавателя допуск к выполнению работы и указания по значениям новых пределов измерения миллиамперметра I'_m и вольтметра U'_m . Записать их в рабочую тетрадь.

2. Ознакомиться с лабораторной установкой. Записать в рабочую тетрадь:

- предел измерения миллиамперметра I_m , его внутреннее сопротивление R_A , относительную погрешность δR_A и класс точности $K_{\text{тА}}$;

- предел измерения вольтметра U_m , его внутреннее сопротивление R_V , относительную погрешность δR_V и класс точности $K_{\text{тВ}}$;

- классы точности мультиметра в режиме измерения тока $K_{\text{тАэ}}$ и режиме измерения напряжения $K_{\text{тВэ}}$;

3. Рассчитать сопротивление шунта $R_{\text{ш расч}}$ по формуле (2.2.3) и добавочное сопротивление $R_{\text{д расч}}$ по формуле (2.2.6).

1 задание

4. При помощи соединительных проводов собрать электрическую цепь для выполнения первого задания (изменение предела измерения миллиамперметра) в соответствии с рис. 2.2.4. На этом рисунке, для наглядности, каждый проводник показан утолщенной линией.

5. Набрать на магазине сопротивлений расчетное значение сопротивления шунта $R_{\text{ш расч}}$. Выбрать предел измерения тока на мультиметре (положения, обозначенные как DCA) так, чтобы он превышал заданный вам новый предел измерения I'_m , но был близок к нему. Установить регуляторы источника питания в нулевое положение (повернув их против часовой стрелки до упора). Предъявить собранную схему преподавателю для проверки.

6. После разрешения преподавателя включить источник питания. Постепенно увеличивая напряжение источника (используя ручки

«Грубо» и «Точно»), установить стрелку миллиамперметра на максимум. Записать силу тока $I'_{m \text{ эксп}}$, регистрируемую при этом мультиметром.

7. Если значение $I'_{m \text{ эксп}}$ не совпадает с заданным пределом измерения I'_m , необходимо подобрать такое сопротивление шунта $R_{ш \text{ эксп}}$, при котором показания мультиметра будут равны I'_m . Записать значение $R_{ш \text{ эксп}}$. Выключить источник питания. Показать результаты преподавателю. Разобрать цепь.

II задание

8. При помощи соединительных проводов собрать электрическую цепь для выполнения второго задания (изменение предела измерения вольтметра) в соответствии с рис. 2.2.5.

9. Набрать на магазине сопротивлений расчетное значение добавочного сопротивления $R_{д \text{ расч}}$. Выбрать предел измерения напряжения на мультиметре (положения, обозначенные как DCV) так, чтобы он превышал заданный вам новый предел измерения U'_m , но был близок к нему. Установить регуляторы источника питания в нулевое положение (повернув их против часовой стрелки до упора). Предъявить собранную схему преподавателю для проверки.

10. После разрешения преподавателя включить источник питания. Постепенно увеличивая напряжение источника (используя ручки «Грубо» и «Точно»), установить стрелку вольтметра на максимум. Записать напряжение $U'_{m \text{ эксп}}$, регистрируемое при этом мультиметром.

11. Если значение $U'_{m \text{ эксп}}$ не совпадает с заданным пределом измерения U'_m , необходимо подобрать такое добавочное сопротивление $R_{д \text{ эксп}}$, при котором показания мультиметра будут равны U'_m . Записать значение $R_{д \text{ эксп}}$. Выключить источник питания.

12. Предъявить результаты всех измерений преподавателю.

13. Разобрать электрическую цепь.

Обработка результатов измерений

I задание

1. Вычислить относительную погрешность расчетного значения сопротивления шунта по формуле

$$\delta R_{\text{ш расч}} = \sqrt{(\delta R_A)^2 + \frac{n^2}{(n-1)^2} \left((\delta I'_m)^2 + (\delta I_m)^2 \right)},$$

где $n = \frac{I'_m}{I_m}$ – коэффициент шунтирования; δR_A – относительная погрешность внутреннего сопротивления миллиамперметра; $\delta I'_m = \frac{K_{\text{тА}_3}}{100}$ – относительная приборная погрешность измерения силы тока I'_m эталонным амперметром; $\delta I_m = \frac{K_{\text{тА}}}{100}$ – относительная приборная погрешность измерения силы тока I_m миллиамперметром.

2. Вычислить абсолютную погрешность расчетного значения сопротивления шунта $\Delta R_{\text{ш расч}} = R_{\text{ш расч}} \cdot \delta R_{\text{ш расч}}$.

3. Сравнить значения $\Delta R_{\text{ш расч}}$ и разности $|R_{\text{ш расч}} - R_{\text{ш эксп}}|$. Сделать вывод.

II задание

4. Вычислить относительную погрешность расчетного значения добавочного сопротивления по формуле

$$\delta R_{\text{д расч}} = \sqrt{(\delta R_V)^2 + \frac{m^2}{(m-1)^2} \left((\delta U'_m)^2 + (\delta U_m)^2 \right)},$$

где $m = \frac{U'_m}{U_m}$ – коэффициент изменения предела измерения напряжения; δR_V – относительная погрешность внутреннего сопротивления вольтметра; $\delta U'_m = \frac{K_{\text{тV}_3}}{100}$ – относительная приборная погрешность измерения напряжения U'_m эталонным вольтметром; $\delta U_m = \frac{K_{\text{тV}}}{100}$ – относительная приборная погрешность измерения напряжения U_m вольтметром.

5. Вычислить абсолютную погрешность расчетного значения добавочного сопротивления $\Delta R_{\text{д расч}} = R_{\text{д расч}} \cdot \delta R_{\text{д расч}}$.

6. Сравнить значения $\Delta R_{\text{д расч}}$ и разности $|R_{\text{д расч}} - R_{\text{д эксп}}|$. Сделать вывод.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятиям ЭДС, напряжение. Какие участки электрической цепи называются однородными и неоднородными?
2. Сформулируйте закон Ома для участка цепи.
3. Сформулируйте I и II правила Кирхгофа. Каков порядок применения этих правил при расчете разветвленной электрической цепи? Приведите пример.
4. Покажите, что I правило Кирхгофа является следствием закона сохранения заряда, а II правило – следствием закона Ома для участка цепи.
5. Что такое амперметр? Какими параметрами он характеризуется? Какой амперметр называют «идеальным»?
6. Выведите формулу для расчета сопротивления шунта. Как меняется предел измерения при изменении сопротивления шунта?
7. Что такое вольтметр? Какими параметрами он характеризуется? Какой вольтметр называют «идеальным»?
8. Выведите формулу для расчета добавочного сопротивления. Как меняется предел измерения при изменении добавочного сопротивления?