

Лабораторная работа

«Измерение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока»

Цель работы: сформировать умение определения ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока с помощью амперметра и вольтметра.

Оборудование: выпрямитель ВУ-4М, амперметр, вольтметр, соединительные провода, элементы планшета №1: ключ, резистор R_1 .

Теоретическое содержание работы.

Внутреннее сопротивление источника тока.

При прохождении тока по замкнутой цепи, электрически заряженные частицы перемещаются не только внутри проводников, соединяющих полюса источника тока, но и внутри самого источника тока. Поэтому в замкнутой электрической цепи различают внешний и внутренний участки цепи. *Внешний участок цепи* составляет вся та совокупность проводников, которая подсоединяется к полюсам источника тока. *Внутренний участок цепи* — это сам источник тока. Источник тока, как и любой другой проводник, обладает сопротивлением. Таким образом, в электрической цепи, состоящей из источника тока и проводников с электрическим сопротивлением R , электрический ток совершает работу не только на внешнем,

но и на внутреннем участке цепи. Например, при подключении лампы накаливания к гальванической батарее карманного фонаря электрическим током нагреваются не только спираль лампы и подводящие провода, но и сама батарея. Электрическое сопротивление источника тока называется *внутренним сопротивлением*. В электромагнитном генераторе внутренним сопротивлением является электрическое сопротивление провода обмотки генератора. На внутреннем участке электрической цепи выделяется количество теплоты, равное

$$Q_{\text{вн}} = I^2 \cdot r \cdot \Delta t, \text{ Дж}$$

(1)

где r — внутреннее сопротивление источника тока.

Полное количество теплоты, выделяющееся при протекании постоянного тока в замкнутой цепи, внешний и внутренний участки которой имеют сопротивления, соответственно равные R и r , равно

$$Q_{\text{полн}} = I^2 \cdot R \cdot \Delta t + I^2 \cdot r \cdot \Delta t = I^2 \cdot (R + r) \cdot \Delta t, \text{ Дж}. \quad (2)$$

Всякую замкнутую цепь можно представить как два последовательно соединенных резистора с эквивалентными сопротивлениями R и r . Поэтому сопротивление полной цепи равно сумме внешнего и внутреннего сопротивлений: $R_{\text{н}} = R + r$. Поскольку при последовательном соединении сила тока на всех участках цепи одинакова, то через внешний и внутренний участок цепи проходит одинаковый по величине ток. Тогда по закону Ома для участка цепи падение напряжений на ее внешнем и внутреннем участках будут соответственно равны:

$$(3) \quad U_1 = I \cdot R \quad \text{и} \quad U_2 = I \cdot r$$

Электродвижущая сила.

Полная работа сил электростатического поля при движении зарядов по замкнутой цепи постоянного тока равна нулю. Следовательно, вся работа электрического тока в замкнутой электрической цепи оказывается совершенной за счет действия сторонних сил, вызывающих разделение зарядов внутри источника и поддерживающих постоянное напряжение на выходе источника тока. Отношение работы A_{cm} , совершаемой сторонними силами по перемещению заряда q вдоль цепи, к значению этого заряда называется *электродвижущей силой источника* (ЭДС) ε :

$$(4) \quad \varepsilon = \frac{A_{cm}}{\Delta q},$$

где Δq — переносимый заряд.

ЭДС выражается в тех же единицах, что и напряжение или разность потенциалов, т. е. в вольтах: $\varepsilon = [1B]$.

Закон Ома для полной цепи.

Если в результате прохождения постоянного тока в замкнутой электрической цепи происходит только нагревание проводников, то по закону сохранения энергии полная работа электрического тока в замкнутой цепи, равная работе сторонних сил источни-

ка тока, равна количеству теплоты, выделившейся на внешнем и внутреннем участках цепи:

$$A = A_{ct} = Q_{полн}. \quad (5)$$

Из выражений (2), (4) и (5) получаем:

$$\Delta q \cdot \varepsilon = I^2 \cdot (R + r) \cdot \Delta t. \quad (6)$$

Так как $\Delta q = I \cdot \Delta t$, то

$$\begin{aligned} \varepsilon \cdot I \cdot \Delta t &= I^2 \cdot (R + r) \cdot \Delta t \\ \varepsilon &= I \cdot (R + r), \end{aligned} \quad (7)$$

или

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}. \quad (8)$$

Сила тока в электрической цепи прямо пропорциональна электродвижущей силе ε источника тока и обратно пропорциональна сумме электрических сопротивлений внешнего и внутреннего участков цепи. Выражение (8) называется законом Ома для полной цепи.

Таким образом, с точки зрения физики Закон Ома выражает закон сохранения энергии для замкнутой цепи постоянного тока.

Порядок выполнения работы.

1. Подготовка к выполнению работы.

Перед вами на столах находится минилаборатория по электродинамике. Её вид представлен в л. р. № 9 на рисунке 2.

Слева находятся миллиамперметр, выпрямитель ВУ-4М, вольтметр, амперметр. Справа закреплен

планшет № 1 (см. рис. 3 в л. р. № 9). В задней секции корпуса размещаются соединительные провода цветные: красный провод используют для подключения ВУ-4М к гнезду «+» планшета; белый провод — для подключения ВУ-4М к гнезду «-»; желтые провода - для подключения к элементам планшета измерительных приборов; синие - для соединения между собой элементов планшета. Секция закрыта откидной площадкой. В рабочем положении площадка располагается горизонтально и используется в качестве рабочей поверхности при сборке экспериментальных установок в опытах.

2. Ход работы.

В ходе работы вы освоите метод измерения основных характеристик источника тока, используя закон Ома для полной цепи, который связывает силу тока I в цепи, ЭДС источника тока ε , его внутреннее сопротивление r и сопротивление внешней цепи R соотношением:

$$\varepsilon = I \cdot R + I \cdot r. \quad (9)$$

1 способ.

Схема экспериментальной установки показана на рисунке 1.

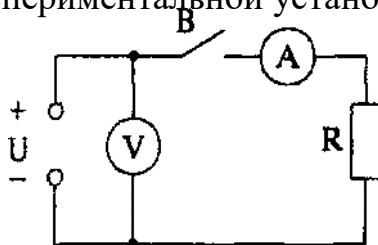


Рис.1.

Внимательно изучите её. При разомкнутом ключе В источник замкнут на вольтметр, сопротивление которого много больше внутреннего сопротивления источника ($r \ll R$). В этом случае ток в цепи настолько мал, что можно пренебречь значением падения напряжения на внутреннем сопротивлении источника $I \cdot r$, и ЭДС источника с пренебрежимо малой погрешностью равна напряжению на его зажимах U_1 , которое измеряется вольтметром, т.е.

$$\varepsilon = U_1. \quad (10)$$

Таким образом, ЭДС источника определяется по показаниям вольтметра U_1 при разомкнутом ключе В.

Если ключ В замкнуть, вольтметр покажет падение напряжения на резисторе R :

$$U_2 = I \cdot R. \quad (11)$$

Тогда на основании равенств (9), (10) и (11) можно утверждать, что

$$r = \frac{(U_1 - U_2)}{I} \quad (12)$$

Из формулы (12) видно, что для определения внутреннего сопротивления источника тока необходимо, кроме его ЭДС, знать силу тока в цепи и напряжение на резисторе R при замкнутом ключе.

Силу тока в цепи можно измерить при помощи амперметра. Проволочный резистор R_1 изготовлен из нихромовой проволоки и имеет сопротивление 5 Ом.

3. Соберите цепь по схеме, показанной на рисунке 3.

После того, как цепь будет собрана, необходимо поднять руку, позвать учителя, чтобы он проверил правильность сборки электрической цепи. И если цепь собрана правильно, то приступайте к выполнению работы.

При разомкнутом ключе В снимите показания вольтметра U_1 и занесите значение напряжения в таблицу 1. Затем замкните ключ В и опять снимите показания вольтметра, но уже U_2 и показания амперметра. Занесите значение напряжения и силы тока в таблицу 1.

Вычислите внутреннее сопротивление источника тока.

Таблица 1.

$U_1, В$	$U_2, В$	$I, А$	$\varepsilon, В$	$r, Ом$

2 способ.

Сначала соберите экспериментальную установку, изображенную на рисунке 2.

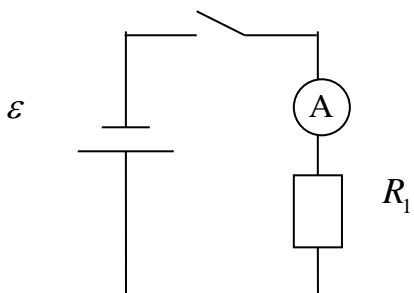


Рис. 2.

Измерьте силу тока I_1 в цепи при помощи амперметра, результат запишите в тетрадь. Сопротивление резистора $R_1 = 5 \text{ Ом}$. Все данные заносятся в таблицу 2.

Теперь соберите экспериментальную установку, изображенную на рисунке 3.

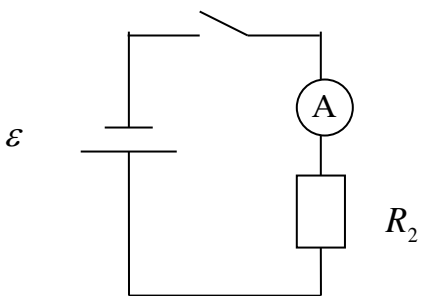


Рис.3.

Измерьте силу тока I_2 в цепи при помощи амперметра, результат запишите в тетрадь. Сопротивление резистора $R_2 = 20 \text{ Ом}$.

Таблица 2.

$I_1, \text{ А}$	$R_1, \text{ Ом}$	$I_2, \text{ А}$	$R_2, \text{ Ом}$	$\varepsilon, \text{ В}$	$r, \text{ Ом}$

Применив закон Ома для полной цепи для каждого случая, получаем систему двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1 + r}, \\ I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2 + r}. \end{cases}$$

Решая её относительно неизвестных ε и r , находим значения этих величин.

3. Вывод.

Сравните полученные результаты в первом и во втором случае. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы:

1. Внешний и внутренний участки цепи.
2. Какое сопротивление называют внутренним? Обозначение.

3. Чему равно полное сопротивление?
4. Дайте определение электродвижущей силы (ЭДС). Обозначение. Единицы измерения.
5. Сформулируйте закон Ома для полной цепи.
6. Если бы мы не знали значения сопротивлений проволочных резисторов, то можно ли было бы использовать второй способ и что для этого надо сделать (может нужно, например, включить в цепь какой-нибудь прибор)?
7. Уметь собирать электрические цепи, используемые в работе.

Литература

1. Кабардин О. Ф.. Справ. Материалы: Учеб. Пособие для учащихся.—3-е изд.— М.:Просвещение,1991.—с.:150-151.
2. Справочник школьника. Физика/ Сост. Т. Фещенко, В. Вожегова.—М.: Филологическое общество «СЛОВО», ООО «Фирма» «Издательство АСТ», Центр гуманитарных наук при ф-те журна-листики МГУ им. М. В. Ломоносова, 1998. — с.: 124,500-501.
3. Самойленко П. И.. Физика (для нетехнических специальностей): Учебн. для общеобразоват. учреждений сред. Проф. Образования/ П. И.Самойленко, А. В. Сергеев.—2-е изд., стер.—М.: Издательский центр «Академия», 2003-с.: 181-182.