

№3. ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ ИСТОЧНИКА ТОКА КОМПЕНСАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение компенсационного метода измерения электрических величин (ЭДС, токов, сопротивлений) на примере измерения ЭДС источника тока.

2. ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Исследуемый и эталонный гальванические элементы, батарея аккумуляторов, реохорд, гальванометр, переключатели.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В природе существует большое число химических, атомных, фотоэлектрических и других процессов, сопровождающихся разделением зарядов, т.е. возникновением ЭДС. Поэтому измерение малых ЭДС маломощных источников является не только самоцелью, но в ряде случаев и важным средством изучения явлений природы.

Если, например, опустить в раствор электролита два электрода, изготовленные из различных материалов, образуется гальванический элемент, ЭДС которого зависит от того, какие химические реакции протекают в области контакта раствора электролита с электродом. Отсюда измерение ЭДС гальванического элемента может дать сведения о протекающих в нём химических процессах.

Необходимо отметить, что измерение ЭДС с помощью вольтметра сопровождается ошибкой. Действительно, вольтметр, хотя и обладает сравнительно высоким сопротивлением, потребляет некоторый ток.

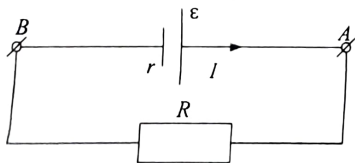


Рис.1

На рис.1 вольтметр, измеряющий ЭДС источника, представлен эквивалентным внешним сопротивлением R . Согласно 2-му правилу Кирхгофа

$$IR + Ir = \varepsilon$$

Поэтому вольтметр, подключенный к зажимам источника тока для измерения его ЭДС, показывает

$$U = IR = \varepsilon - Ir,$$

т.е. напряжение, которое меньше ЭДС на величину падения напряжения на внутреннем сопротивлении источника.

Отсюда видно, что измерение ЭДС вольтметром даёт ошибку, которая тем больше, чем больший ток потребляет вольтметр и чем больше внутреннее сопротивление источника тока. Наиболее совершенным методом измерения ЭДС является компенсационный метод.

Идея компенсационного метода заключается в том, что в момент измерения от источника ЭДС не потребляется ток, и тогда напряжение на его зажимах равно ЭДС.

Компенсационный метод можно осуществить с помощью электрической схемы, изображённой на рис.2

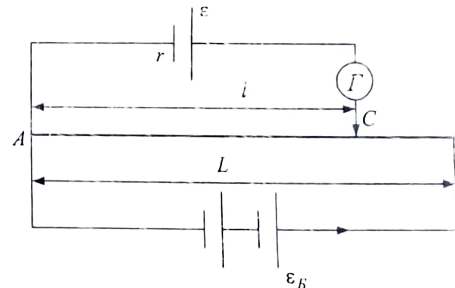


Рис.2

Исследуемый источник тока ε и вспомогательная батарея ε_B соединены одноимёнными полюсами в точке A . Батарею замыкают реохордом AB , который представляет собой однородную проволоку длиной L и сопротивлением R . Второй полюс исследуемого источника через гальванометр Γ присоединён к подвижному контакту C реохорда. Перемещая контакт, можно найти такую точку, когда ток через гальванометр равен нулю. Тогда

$$U_{AC} = \varepsilon,$$

т.е. ЭДС источника скомпенсировано напряжением между точками A и C .

Напряжение U_{AC} можно рассчитать по закону Ома:

$$U_{AC} = I r_{AC} = \frac{\varepsilon_B}{R+r} \cdot r_{AC} = \frac{\varepsilon_B}{R+r} \cdot \frac{R}{L} \cdot l, (1)$$

Из формулы (1) видно, что при постоянных параметрах батареи ε_B и r измеряемая ЭДС связана простой зависимостью с длиной участка реохорда l , на котором происходит компенсация ЭДС. Приборы, устроенные таким образом, называются потенциометрами постоянного тока.

Наибольшая точность в измерении ЭДС достигается при использовании компенсационного метода и относительных измерений. В этом случае дополнительно описанным методом измеряют ЭДС эталонного источника, которая известна с большей точностью.

$$\varepsilon_x = \frac{E_B}{R+r} \cdot \frac{R}{L} \cdot l_x, (2)$$

Из (1) и (2) ЭДС измеряемого источника

$$\bar{\varepsilon} = \varepsilon_x \cdot \frac{l}{l_x}, (3)$$

При относительных измерениях влияние старения вспомогательной батареи (изменения ε_B и r) не сказывается на точности измерения.

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

4.1 ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

В настоящей лабораторной работе относительные измерения ЭДС компенсационным методом проводятся с помощью схемы, приведенной на **рис.3**.

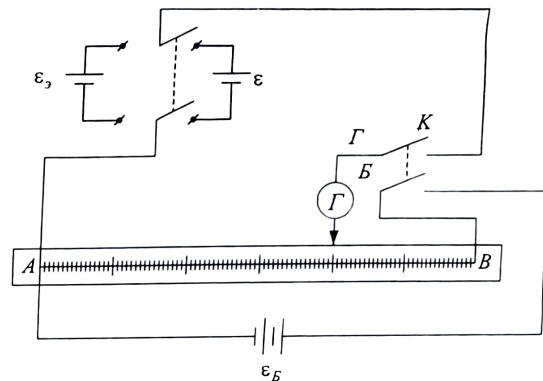


Рис.3

Компенсация эталонной и измеряемой ЭДС проводится с помощью реохорда, проволока которого натянута на линейку с делениями, и ноль линейки совпадает с точкой A . Двойной ключ K устроен так, что при его включении сначала замыкаются контакты B цепи батареи, и только затем замыкаются контакты Γ цепи гальванометра. Такой порядок необходим для предохранения гальванометра от сильных токов, которые могут возникнуть при обратном порядке включения.

4.2 ВЫПОЛНЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

1. Скомпенсировать ЭДС эталонного источника. Для этого перемещают подвижный контакт реохорда и, замыкая на короткое время двойной ключ, находят такое положение контакта, при котором гальванометр установится на нуле. Значение l_x , отсчитанное по положению подвижного контакта на шкале реохорда, занести в таблицу 1.
2. Произвести компенсацию ЭДС исследуемого источника. Соответствующее значение l также занести в таблицу 1.
3. Операции по пунктам 1 и 2 проделать ещё два раза.

Таблица 1

№	l_x , см	l , см	$\bar{\varepsilon}$, В	$\frac{\Delta \varepsilon}{\bar{\varepsilon}}$, %	$\Delta \varepsilon$, В	$\bar{\varepsilon} \pm \Delta \varepsilon$, В
---	------------	----------	-------------------------	--	--------------------------	--

1						
2						
3						

5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ.

1. По измеренным значениям I_2 и I рассчитать величины \bar{I}_2 и \bar{I} .
2. По формуле (3), пользуясь средними значениями, рассчитать величину ЭДС исследуемого источника $\bar{\mathcal{E}}$.
3. Определить относительную погрешность

$$\frac{\Delta \mathcal{E}}{\bar{\mathcal{E}}} = \frac{\Delta I_2}{\bar{I}_2} + \frac{\Delta I}{\bar{I}},$$

приняв $\Delta I_2 = \Delta I$ равным делению шкалы реохорда.

4. Определить абсолютную погрешность $\Delta \mathcal{E}$ и записать окончательный результат

$$\mathcal{E} = \bar{\mathcal{E}} \pm \Delta \mathcal{E}, \text{ В}$$

$$\frac{\Delta \mathcal{E}}{\bar{\mathcal{E}}} = \text{, \%}$$

Примечание.

Технические данные установки

$$\mathcal{E}_0 = 1,02 \text{ В}$$

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сформулируйте правила Кирхгофа.
2. Выведите закон Ома для замкнутой цепи.
3. Почему нельзя измерить ЭДС источника тока вольтметром?
4. В чём сущность компенсационного метода измерения ЭДС?
5. В чём преимущество относительного компенсационного измерения ЭДС?

Список литературы

1. Савельев И.В. Курс общей физики, Т.2, М., «Наука», 2002.

2. Электрические измерения. Под ред. А.В. Фремке. Л., «Энергия», 1973.