

Лабораторная работа № 4

Тема: «Определение электродвижущей силы и внутреннего сопротивления источника тока».

Цель: научиться определять электродвижущую силу и внутреннее сопротивление источника электрической энергии.

Оборудование: 1. Амперметр лабораторный;
2. Источник электрической энергии;
3. Соединительные провода,
4. Набор сопротивлений 2 Ом и 4 Ом;
5. Переключатель однополюсный; ключ.

Теория.

Возникновение разности потенциалов на полюсах любого источника является результатом разделения в нем положительных и отрицательных зарядов. Это разделение происходит благодаря работе, совершаемой сторонними силами.

Силы неэлектрического происхождения, действующие на свободные носители заряда со стороны источников тока, называются **сторонними силами**.

При перемещении электрических зарядов по цепи постоянного тока сторонние силы, действующие внутри источников тока, совершают работу.

Физическая величина, равная отношению работы $A_{ст}$ сторонних сил при перемещении заряда q внутри источника тока к величине этого заряда, называется электродвижущей силой источника (ЭДС):

$$\text{ЭДС} = \varepsilon = \frac{A_{ст}}{q}$$

ЭДС определяется работой, совершаемой сторонними силами при перемещении единичного положительного заряда.

Электродвижущая сила, как и разность потенциалов, измеряется в **вольтах [В]**.

Чтобы измерить ЭДС источника, надо присоединить к нему вольтметр при разомкнутой цепи.

Источник тока является проводником и всегда имеет некоторое сопротивление, поэтому ток выделяет в нем тепло. Это сопротивление называют **внутренним сопротивлением источника** и обозначают r .

Если цепь разомкнута, то работа сторонних сил превращается в потенциальную энергию источника тока. При замкнутой цепи эта потенциальная энергия расходуется на работу по перемещению зарядов во внешней цепи с сопротивлением R и во внутренней части цепи с сопротивлением r , т.е. $\varepsilon = IR + Ir$.

Если цепь состоит из внешней части сопротивлением R и внутренней сопротивлением r , то, согласно закону сохранения энергии, ЭДС источника будет равна сумме напряжений на внешнем и внутреннем участках цепи, т.к. при перемещении по замкнутой цепи заряд возвращается в исходное положение $\varepsilon = IR + Ir$, где IR – напряжение на внешнем участке цепи, а Ir – напряжение на внутреннем участке цепи.

Таким образом, для участка цепи, содержащего ЭДС:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

Эта формула выражает **закон Ома для полной цепи**: сила тока в полной цепи прямо пропорциональна электродвижущей силе источника и обратно пропорциональна сумме сопротивлений внешнего и внутреннего участков цепи.

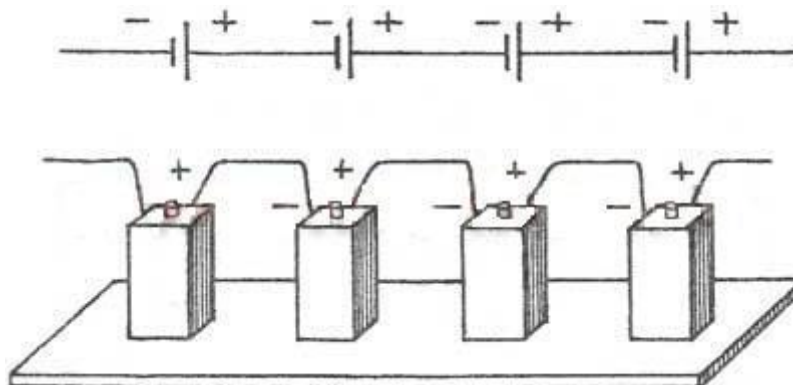
\mathcal{E} и r можно определить опытным путем.

Часто источники электрической энергии соединяют между собой для питания цепи. Соединение источников в батарею может быть последовательным и параллельным.

При последовательном соединении два соседних источника соединяются разноименными полюсами.

Т.е., для последовательного соединения аккумуляторов, к "плюсу" электрической схемы подключают положительную клемму первого аккумулятора. К его отрицательной клемме подключают положительную клемму второго аккумулятора и т.д. Отрицательную клемму последнего аккумулятора подключают к "минусу" электрической схемы.

Получившаяся при последовательном соединении аккумуляторная батарея имеет ту же емкость, что и у одиночного аккумулятора, а напряжение такой аккумуляторной батареи равно сумме напряжений входящих в нее аккумуляторов. Т.е. если аккумуляторы имеют одинаковые напряжения, то напряжение батареи равно напряжению одного аккумулятора, умноженному на количество аккумуляторов в аккумуляторной батарее.



1. ЭДС батареи равна сумме ЭДС отдельных источников $\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3$

2. Общее сопротивление батареи источников равно сумме внутренних сопротивлений отдельных источников $r_{\text{батареи}} = r_1 + r_2 + r_3$

Если в батарею соединены n одинаковых источников, то ЭДС батареи $\mathcal{E} = n\mathcal{E}_1$, а сопротивление $r_{\text{батареи}} = nr_1$

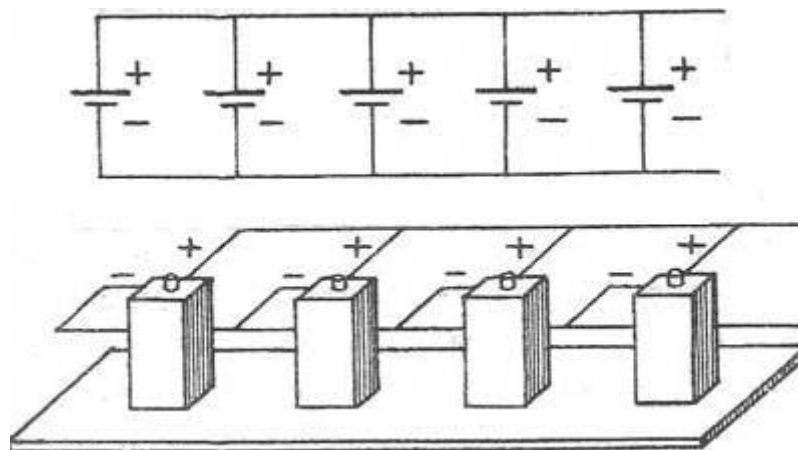
$$I = \frac{n\mathcal{E}}{R + nr}$$

3. Сила тока в такой цепи по закону Ома

При параллельном соединении соединяют между собой все положительные и все отрицательные полюсы двух или n источников.

Т.е., при параллельном соединении, аккумуляторы соединяют так, чтобы положительные клеммы всех аккумуляторов были подключены к одной точке электрической схемы ("плюсу"), а отрицательные клеммы всех аккумуляторов были подключены к другой точке схемы ("минусу").

Параллельно соединяют только **источники с одинаковой ЭДС**. Получившаяся при параллельном соединении аккумуляторная батарея имеет то же напряжение, что и у одиночного аккумулятора, а емкость такой аккумуляторной батареи равна сумме емкостей входящих в нее аккумуляторов. Т.е. если аккумуляторы имеют одинаковые емкости, то емкость аккумуляторной батареи равна емкости одного аккумулятора, умноженной на количество аккумуляторов в батарее.



1. ЭДС батареи одинаковых источников равна ЭДС одного источника. $\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_3$
2. Сопротивление батареи меньше, чем сопротивление одного источника $r_{\text{батареи}} = r_1/n$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r/n}$$

3. Сила тока в такой цепи по закону Ома

Электрическая энергия, накопленная в аккумуляторной батарее равна сумме энергий отдельных аккумуляторов (произведению энергий отдельных аккумуляторов, если аккумуляторы одинаковые), независимо от того, как соединены аккумуляторы - параллельно или последовательно.

Внутреннее сопротивление аккумуляторов, изготовленных по одной технологии, примерно обратно пропорционально емкости аккумулятора. Поэтому т.к. при параллельном соединении емкость аккумуляторной батареи равна сумме емкостей входящих в нее аккумуляторов, т.е. увеличивается, то внутреннее сопротивление уменьшается.

Ход работы.

1. Начертите таблицу:

№ опыта	Источник электрической энергии ВУП, В	1-й отсчет		2-й отсчет		Э.Д.С. \mathcal{E} , В	Внутреннее сопротивление, r , Ом
		R_1 , Ом	Сила тока I_1 , А	R_2 , Ом	Сила тока I_2 , А		
1	1	1		2			

2. Рассмотрите шкалу амперметра и определите цену одного деления.
3. Составьте электрическую цепь по схеме, изображенной на рисунке 1. Переключатель поставить в среднее положение.

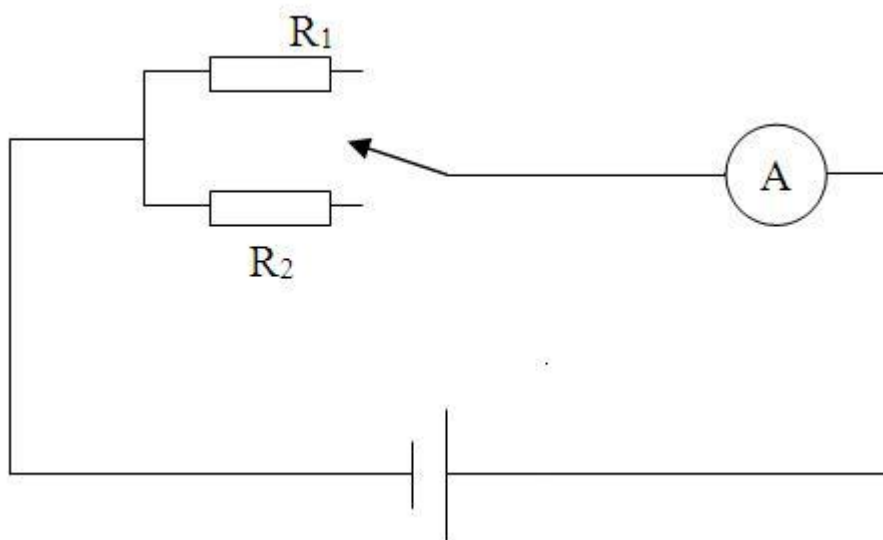


Рисунок 1.

4. Замкнуть цепь, введя меньшее сопротивление R_1 . Записать величину силы тока I_1 . Разомкнуть цепь.

5. Замкнуть цепь, введя большее сопротивление R_2 . Записать величину силы тока I_2 . Разомкнуть цепь.

6. Вычислить значение ЭДС и внутреннего сопротивления источника электрической энергии.

Закон Ома для полной цепи для каждого случая: $\mathcal{E} = \frac{I_1}{(R_1 + r)}$ и $\mathcal{E} = \frac{I_2}{(R_2 + r)}$

Отсюда получим формулы для вычисления \mathcal{E} и r :

$$\mathcal{E} = I_1 I_2 \frac{R_2 - R_1}{I_1 - I_2}$$

$$r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2}$$

7. Результаты всех измерений и вычислений запишите в таблицу.

8. Сделайте вывод.

9. Ответьте на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Раскройте физический смысл понятия «электродвижущая сила источника тока».

2. Определить сопротивление внешнего участка цепи, пользуясь результатами полученных измерений и законом Ома для полной цепи.

3. Объяснить, почему внутреннее сопротивление возрастает при последовательном соединении аккумуляторов и уменьшается при параллельном в сравнении с сопротивлением r_0 одного аккумулятора.

4. В каком случае вольтметр, включенный на зажимы генератора, показывает ЭДС генератора и в каком случае напряжение на концах внешнего участка цепи? Можно ли это напряжение считать также и напряжением на концах внутреннего участка цепи?

Вариант выполнения измерений.

Опыт 1. Сопротивление $R_1=2$ Ом, сила тока $I_1=1,3$ А.

Сопротивление $R_2=4$ Ом, сила тока $I_2=0,7$ А.