

Лабораторная работа № 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭДС И ВНУТРЕННЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

Цель работы: проводить измерения с помощью амперметра и вольтметра, рассчитывать ЭДС и внутреннее сопротивление гальванической батареи методом измерения сопротивления внешней нагрузки, определять КПД источника тока.

Оборудование: 1) источник постоянного тока (указать тип и число элементов),
2) два ключа,
3) амперметр (тип),
4) вольтметр (тип),
5) соединительные провода,
6) магазин сопротивлений (тип),
7) компьютер.

Содержание работы

Задание первое. Сборка электрической цепи для проведения работы.

Задание второе. Измерение разности потенциалов и величины тока при различном сопротивлении нагрузки в цепи.

Задание третье. Построение графика зависимости разности потенциалов на зажимах источника от тока в цепи.

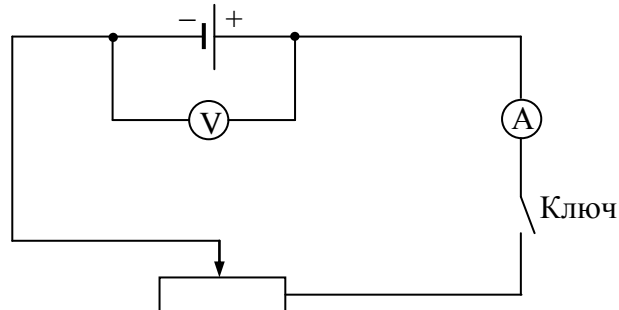
Задание четвертое. Расчет ЭДС, внутреннего сопротивления и тока короткого замыкания гальванической батареи.

Задание пятое. Расчет КПД источника тока при различных нагрузках в цепи.

Задание шестое. Построение графика зависимости КПД источника от разности потенциалов на зажимах источника.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Измерение эдс и внутреннего сопротивления источника тока при изменении сопротивления внешней нагрузки



Используем закон Ома для всей цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ (1)

Находим ЭДС из выражения (1): $\mathcal{E} = IR + Ir$ (2)

При этом разность потенциалов $\Delta\varphi = IR$, тогда

$$\mathcal{E} = \Delta\varphi + Ir. \quad (3)$$

Если внешнее сопротивление $R \gg r$ и чем сильнее это неравенство, тем разность потенциалов на внешнем участке больше разности потенциалов на внутреннем участке, т.е. $\Delta\varphi \gg Ir$, и в этом случае $\mathcal{E} \approx \Delta\varphi$.

В случае разомкнутого источника разность потенциалов на зажимах источника равна ЭДС.

Если вольтметр присоединить к зажимам разомкнутого источника, то внешнюю цепь будет составлять сам вольтметр, и он будет показывать разность потенциалов на самом себе, которая отлична от ЭДС источника, т.е. непосредственным измерением разности потенциалов на зажимах источника точно измерить ЭДС невозможно.

Разность потенциалов $\Delta\varphi$ далее обозначаем U . При этом выражение (3) примет вид: $\mathcal{E} = U + Ir$ (4)

Рассмотрим метод, с помощью которого можно определить ЭДС и внутреннее сопротивление источника.

Меняя сопротивление внешней цепи с помощью реостата, получаем следующие показания:

на вольтметре – $U_1, U_2, U_3, \dots, U_n$,

на амперметре – $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$,

где n – число измерений.

Причем при увеличении показаний вольтметра показания амперметра падают. Во время всех измерений $\mathcal{E} = \text{const}$ и $r = \text{const}$.

Выражение (4) применяем к каждому измерению, число которых n и составляем систему уравнений:

$$\begin{cases} \mathcal{E} = U_1 + I_1 r \\ \mathcal{E} = U_2 + I_2 r \\ \mathcal{E} = U_3 + I_3 r \\ \dots \\ \mathcal{E} = U_n + I_n r \end{cases} \quad (I)$$

Из первых двух уравнений системы (I) находим r и \mathcal{E} :

$$\begin{aligned} U_1 + I_1 r &= U_2 + I_2 r \\ U_1 - U_2 &= r(I_2 - I_1) \\ r &= \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} \end{aligned} \quad (5)$$

Выражение для внутреннего сопротивления можно получить из любой пары уравнений системы (I) путем соответствующей перестановки индексов. Например, из второго и пятого уравнений получаем $r = \frac{U_2 - U_5}{I_5 - I_2}$, из n -ого и m -ого уравнений, где $m > n$,

получаем
$$r = \frac{U_n - U_m}{I_m - I_n} \quad (6)$$

Далее находим выражение для ЭДС источника.

Во второе уравнение системы (I) подставим выражение (5): $\mathcal{E} = U_2 + I_2 \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}$.

$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= \frac{U_2(I_2 - I_1) + I_2 U_1 - I_2 U_2}{I_2 - I_1} = \frac{U_2 I_2 - U_2 I_1 + I_2 U_1 - I_2 U_2}{I_2 - I_1} \\ \mathcal{E} &= \frac{I_2 U_1 - I_1 U_2}{I_2 - I_1} \end{aligned} \quad (7)$$

Выражение (7) для ЭДС можно получить из любой пары уравнений системы (I) путем соответствующей перестановки индексов. Например, из первого и четвертого уравнений $\mathcal{E} = \frac{I_4 U_1 - I_1 U_4}{I_4 - I_1}$, из n -ого и m -ого уравнений, где $m > n$, получаем

$$\mathcal{E} = \frac{I_m U_n - I_n U_m}{I_m - I_n} \quad (9)$$

Подобным расчетом находится внутреннее сопротивление и ЭДС источника при данном методе измерения.

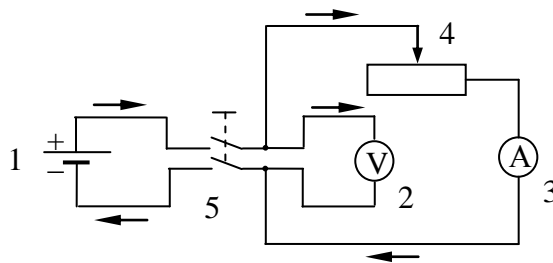
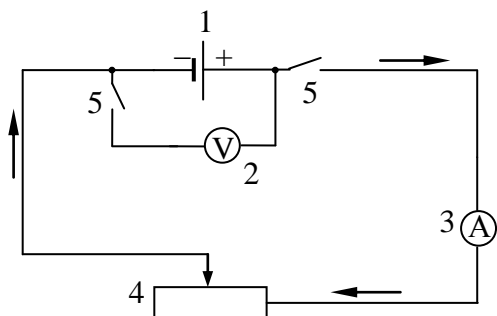
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Задание первое. Сборка электрической цепи для проведения работы.

Порядок выполнения

1. Если работа выполняется не по макету, собрать цепь по одной из данных схем (в зависимости от комплектации), показать преподавателю.

- Амперметр подключить на предел 0 – 1,5 А, соблюдая полярность.
- Вольтметр подключить на предел 0 – 15 В, соблюдая полярность.
- Магазин сопротивлений подключить к клеммам 0 – 9,9 Ω или к клеммам 0 – 9 Ω в зависимости от его модели.



Обозначения: 1 – источник питания,
2 – вольтметр,
3 – амперметр,
4 – магазин сопротивлений,
5 – ключ.

В схеме должны быть указаны: полюса батареи, направления тока в цепи.

2. Если работа выполняется по готовому макету, проверить правильность подключения вольтметра и амперметра.
3. Нарисовать электрическую схему, используемую в этой работе.

Задание второе. Измерение разности потенциалов и величины тока при различном сопротивлении нагрузки в цепи.

Порядок выполнения

1. Проверить подключение вольтметра и амперметра.
2. Установить на магазине сопротивлений 9 Ом.
3. Замкнуть ключи.

4. Меняя сопротивление (постепенно уменьшая его), снять показания приборов и результаты занести в таблицу 2. Число измерений должно быть не менее 7.

Таблица 2

Результаты измерений								
№ п/п	Вольтметр				Амперметр			
	Предел измерений	Цена деления C_1 (В)	Число делений	Показания прибора U (В)	Предел измерений	Цена деления C_2 (А)	Число делений	Показания прибора I (А)
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								

Задание третье. Построение графика зависимости разности потенциалов на зажимах источника от тока в цепи.

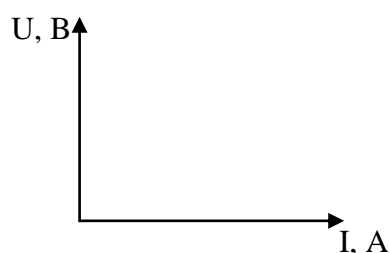


График выполнить только на миллиметровой бумаге.

Задание четвертое. Расчет ЭДС, внутреннего сопротивления и тока короткого замыкания гальванической батареи.

Порядок выполнения

1. Используем рабочие формулы (7) и (9), где $m > n$:

$$r = \frac{U_n - U_m}{I_m - I_n}$$

$$\mathcal{E} = \frac{I_m U_n - I_n U_m}{I_m - I_n}$$

Ток короткого замыкания: $I_{к.з.} = \frac{\mathcal{E}_{ср}}{r_{ср}}$

2. Для расчета \mathcal{E} и r необходимо попарно комбинировать уравнения системы (I), в системе 7 уравнений (по числу измерений). Всего таких пар будет 21 и столько же результатов для \mathcal{E} и r .

Из полученного ряда значений необходимо выбрать наиболее близкие значения и найти их среднее значение, а затем подсчитать ток короткого замыкания. В наиболее близкие значения выбрать не менее $\frac{3}{4}$ от всех полученных значений.

Эти громоздкие вычисления выполняются с помощью компьютера, а результаты заносятся в таблицу 3.

3. Расчет на компьютере выполнить по указанию преподавателя и результаты занести в таблицу 3.

Инструкция и программа расчета \mathcal{E} и r находятся в moodle колледжа там же, где методические указания по лабораторным работам по физике.

В наиболее близкие значения выбрать не менее $\frac{3}{4}$ от всех полученных значений.

Таблица 3 на 21 значение, по объему занимает одну полную тетрадную страницу.

Таблица 3

Результаты вычислений								
№ п/п	Номера уравнений, из которых получен результат	\mathcal{E} (В)	Наиболее близкие значения \mathcal{E} (В)	$\mathcal{E}_{\text{ср}}$ (В)	r (Ом)	Наиболее близкие значения r (Ом)	$r_{\text{ср}}$ (Ом)	$I_{\text{к.з.}}$ (А)
1.	1 и 2							
2.	1 и 3							
3.	1 и 4							
...								
21	6 и 7							

Задание пятое. Расчет КПД источника тока при различных нагрузках в цепи.

Порядок выполнения

1. Вычислить КПД источника при различных значениях напряжения на зажимах источника по формуле:

$$\eta = \frac{U}{\mathcal{E}_{\text{ср}}}$$

Полученные значения КПД перевести в % и занести в таблицу 4.

2. Значения напряжения взять из таблицы 2 и занести в таблицу 4.

Таблица 4

Результаты измерений и вычислений

№ п/п	U (В)	$\mathcal{E}_{\text{ср}}$ (В)	η (%)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			

Задание шестое. Построение графика зависимости КПД источника от разности потенциалов на зажимах источника $\eta(U)$.

ВОПРОСЫ К ОТЧЕТУ

1. Закон Ома для всей цепи (вывод формулы).
2. Анализ закона Ома для всей цепи.
3. Физический анализ формулы: $U = \mathcal{E} - Ir$.
4. Как подсчитать величину тока во всей цепи, если элементы включить в батарею параллельно, последовательно?
5. Вывод рабочей формулы для определения ЭДС и внутреннего сопротивления.
6. Какие основные характеристики источника постоянного тока, по каким параметрам необходимо выбирать источник?
7. От чего зависит КПД источника тока?