Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

Лабораторная работа №2-1

Измерение э. д. с. методом компенсации на реохорде

Руководитель:
Старший преподаватель КОиЭФ
Абдрашитов С. В.
Работу выполнили:
Левин Н. Н.
Высоцкий М. Ю.

гр. 052101

Томск, 2022

1 Теоретическое введение

Цель работы: изучение компенсационного метода измерения электродвижущей силы (ЭДС).

Электродвижущая сила (ЭДС) - скалярная физическая величина, характеризующая работу сторонних сил. В общем виде определяется как отношение работы внешних сил к величине перемещаемого в цепи заряда:

$$\mathcal{E} = \frac{A}{q},$$

где A - работа сил, q - заряд, на который действуют силы.

Также мы пользуемся законом Ома для **замкнутой цепи**:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R}, \tag{1}$$

где $\mathcal{E}$ - ЭДС, действующая в цепи, R - суммарное сопротивление всей цепи, включая внутренее сопротивление источника.

2 Компенсационный метод

В данной работе используется **компенсационный метод** измерения ЭДС, который заключается в сравнении ЭДС нужного нам компонента с ЭДС нормального элемента по компенсационной схеме. В нашем случае нормальный элемент - ртутно-кадмиевый элемент Вестона. Данный элемент слабо теряет ЭДС со временем и температурой, что позволяет использовать его как эталон. Он требует бережного отношения, и при $t = 20°\text{C}$ его ЭДС составляет $\mathcal{E} = 1,0183\text{В}$.

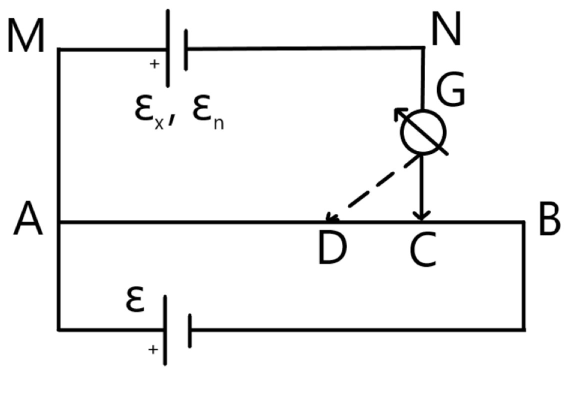

Рис. 1: Компенсационная схема

Здесь: $\mathcal{E}$ - источник питания $\mathcal{E}_x$ - исследуемый элемент $\mathcal{E}_n$ - нормальный (контрольный) элемент, G - гальванометр.

Если подключить вольтметр напрямую к источнику ЭДС, то полное сопротивление будет состоять не только из сопротивления вольтметра, но и из сопротивления источника:

$$R = R_V + r,$$

где R_V - сопротивление вольтметра, r - сопротивление источника ЭДС.

Из (1) следует:

$$\mathcal{E} = IR_V + Ir \tag{2}$$

Слагаемое IR_V представляет собой напряжение, которое показывает вольтметр, и это показание отличается от ЭДС на величину падения напряжения на внутреннем сопротивлении источника.

И если подключить $\mathcal{E}$ и $\mathcal{E}_x$ параллельно, и $\mathcal{E} > \mathcal{E}_x$, то на реохорде AB мы сможем найти точку C, при которой ток на $AMNC$ будет равен нулю. Применив второй закон Кирхгофа для контура $AMNCA$, имеем:

$$I_2 R_{AMNC} - I_1 R_{AC} = -\mathcal{E}_x \tag{3}$$

И так как $I_2 = 0$:

$$I_1 R_{AC} = \mathcal{E} \tag{4}$$

Таким образом, падение напряжения на AC, создаваемое $\mathcal{E}$ компенсирует ЭДС исследуемого нами элемента.

Затем мы меняем $\mathcal{E}_x$ на $\mathcal{E}_n$ (нормальный источник). Передвигая C мы добиваемся $I_2 = 0$ и в этом случае падение напряжение на AD компенсирует ЭДС нормального элемента;

$$I_1 R_{AD} = \mathcal{E} \tag{5}$$

Также нужно учесть, что I_1 в (4) и (5) не меняется, так как данный ток идёт по контуру AB, который, вообще говоря, не меняется. Откуда мы получаем:

$$\mathcal{E}_x = \mathcal{E}_n \frac{R_{AC}}{R_{AD}} \tag{6}$$

Так как сопротивление на любом участке реохорда равно:

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

где l - длина проводника, S - площадь поперечное сечение, ρ - удельное электрическое сопротивление (зависящее от свойств материала). В нашем случае $\rho, S = const$, при подставлении в (6) данные константы сократятся, и мы получим:

$$\mathcal{E}_x = \mathcal{E}_n \frac{l_{AC}}{l_{AD}}, \tag{7}$$

где l_{AC} и l_{AD} - длины участков реохорда AC и AD соответственно.

3 План работы

1. Собрать схему как на рисунке. Кнопочный ключ K_1 используется для предохранения схемы от экстратоков замыкания.

2. Магазины сопротивлений $M.C.$ поставить на максимум.

3. Двойным ключом K_2 подсоединить неизвестный элемент $\mathcal{E}_x$

4. Замнуть ключ K_1 и, двигая рычаг реохорда, выставить точку C, при которой ток I_2 на гальванометре G будет равен нулю.

5. Уменьшая сопротивление $M.C.$ ожидать окончательной компенсации тока.

6. Снять значение l_x соответствующее длине участка AC при полной компенсации.

7. Вернуть $M.C.$ в максимальное значение.

8. Переключить ключ K_2 на нормальный элемент. Повторить пункты (4, 5) Снять значение l_n.

9. Провести вышеуказанные пункты несколько раз для выявления случайной погрешности.

10. Внести полученные данные в таблицу.

4 Ход работы

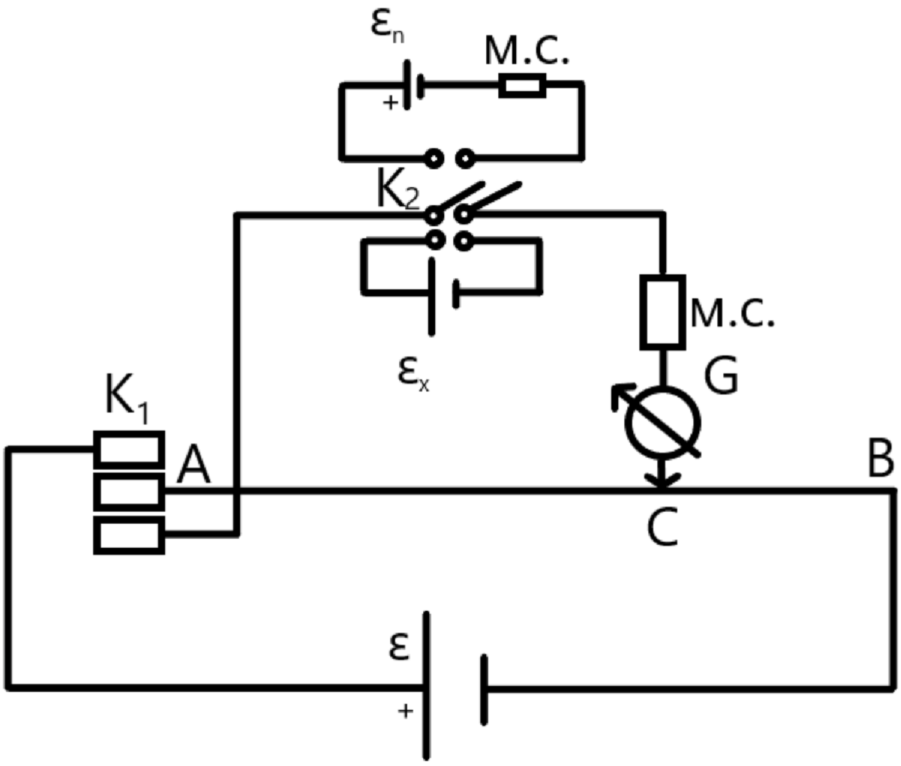

Рис. 2: Схема установки

Полученные в ходе работы данные указаны ниже:

№	$l_x \pm \Delta l_x$, мм	$l_n \pm \Delta l_n$, мм	$\mathcal{E}_n$, В	$\mathcal{E}_x$, В
1	84,7 ± 0,5	90,5 ± 0,6	1,0183	0.954 ± 0.009
2	85,2 ± 0,5	89,6 ± 0,6	1,0183	0.969 ± 0.009
3	85,4 ± 0,5	90,6 ± 0,6	1,0183	0.960 ± 0.009
4	85,3 ± 0,5	90,3 ± 0,6	1,0183	0.962 ± 0.009
5	84,6 ± 0,5	90,9 ± 0,6	1,0183	0.947 ± 0.009

Таблица 1: Результаты измерений

Случайная погрешность для l_n и l_x рассчитывалась по следующей формуле:

$$\Delta l_x = t_{\alpha,n}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(l_{x_i} - < l_x >)^2}{n(n-1)}},$$

где n - количество измерений, $\alpha = 0,95$ - доверительный интервал, $t_{\alpha,n}$ - коэффициент Стьюдента, $< l_x >$ - среднее значение рассматриваемой величины.

Для определения косвенной погрешности $\mathcal{E}_x$ использовалась следующая формула:

$$\Delta\mathcal{E}_x = \sqrt{\left(\frac{\partial\mathcal{E}_x}{\partial l_x} * \Delta l_x\right)^2 + \left(\frac{\partial\mathcal{E}_n}{\partial l_n} * \Delta l_n\right)^2}$$