

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.04

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ ИСТОЧНИКА ТОКА МЕТОДОМ КОМПЕНСАЦИИ

Цель работы

Целью работы является изучение законов постоянного электрического тока и ознакомление с компенсационным методом измерения электродвижущей силы источника тока.

Краткая теория

Электродвижущей силой (ЭДС) источника тока называется скалярная физическая величина, измеряемая работой сторонних сил при перемещении единичного положительного заряда по участку цепи или замкнутой цепи, содержащей этот источник тока. ЭДС источника тока равна разности потенциалов между его полюсами при разомкнутой внешней цепи.

Измерение ЭДС при помощи обычного вольтметра является приближенным, так как при этом через вольтметр и источник протекает ток и показания вольтметра, равные падению напряжения на внутреннем сопротивлении прибора, отличаются от величины ЭДС на величину падения напряжения на внутреннем сопротивлении источника. При этом на внутреннем сопротивлении источника происходит выделение тепла по закону Джоуля–Ленца.

Наиболее точным является **компенсационный метод**. Этот метод состоит в том, что неизвестная ЭДС компенсируется известной разностью потенциалов. При этом ток через источник отсутствует и неизвестная ЭДС равна компенсирующей разности потенциалов. Принципиальная схема электрической цепи, приведена на рис. 7.

К реохорду AB , имеющему движок D , присоединена батарея аккумуляторов E . Ток батареи, протекая по проволоке реохорда, создает на ней разность потенциалов. На участке AD также создается разность потенциалов, равная падению напряжения на этом участке $U = I \cdot R_{AB}$. Величину этой разности потенциалов можно изменять, передвигая движок от нуля (точка A) до максимума (точка B).

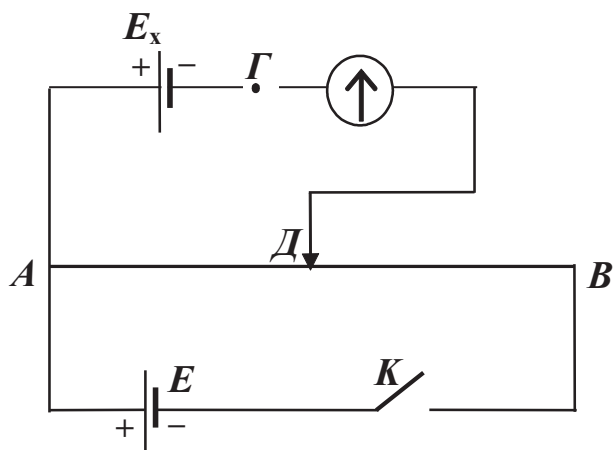


Рис. 7. Принципиальная схема электрической цепи компенсационного метода измерения ЭДС источника тока

Такой способ измерения разности потенциалов называется потенциометрическим, а сам реохорд, включенный таким образом, называется потенциометром.

К точкам A и D присоединяются полюса источника тока с неизвестной ЭДС E_x через гальванометр или измеритель разности потенциалов. В данной работе в качестве измерителя разности потенциалов используется цифровой вольтметр.

При этом к точке A подключаются одноименные полюса источников E и E_x . При замкнутом ключе K можно найти такое положение движка на реохорде, при котором стрелка гальванометра не отклоняется и ток на участке AE_xD отсутствует. В этом случае разность потенциалов между точками D и G равна нулю, и ЭДС источника E_x компенсируется падением напряжения на участке AD реохорда.

По закону Ома можно записать:

$$E_x = U_{1AD} = I \cdot R_{1AD}, \quad (2.04.1)$$

где I – сила тока в цепи батареи E ; R_{1AD} – сопротивление участка AD реохорда, при котором компенсируется ЭДС E_x .

Измерение силы тока I можно не проводить, так как при этом вносятся дополнительные погрешности, а использовать калибровочный опыт и элемент с известной ЭДС. Для этого вместо источника E_x нужно включить элемент с известной ЭДС E_0 и найти новое положение движка D , при котором ток в цепи гальванометра отсутствует.

При этом условии аналогично выражению (2.04.1) можно записать

$$E_0 = U_{2AD} = I \cdot R_{2AD}, \quad (2.04.2)$$

где R_{2AD} – сопротивление участка AD , при котором компенсируется ЭДС E_0 .

Если ток через гальванометр отсутствует, ток в цепи источника E будет одинаковым, независимо от положения движка

реохорда. Тогда, разделив друг на друга выражения (2.04.1) и (2.04.2), получаем:

$$\frac{E_x}{E_0} = \frac{R_{1AD}}{R_{2AD}}. \quad (2.04.3)$$

Сопротивления R_{1AD} и R_{2AD} пропорциональны длинам соответствующих участков реохорда ℓ_1 и ℓ_2 от его общего конца A до подвижного контакта D , поэтому

$$\frac{E_x}{E_0} = \frac{\ell_1}{\ell_2}. \quad (2.04.4)$$

Отсюда окончательно имеем:

$$E_x = E_0 \frac{\ell_1}{\ell_2}. \quad (2.04.5)$$

При проведении опыта нужно иметь в виду, что E должна быть постоянной и больше по величине, чем E_0 и E_x , так как только в этом случае возможно найти на реохорде такое положение движка D , при котором можно осуществить компенсацию. Цепь следует замыкать на короткое время, чтобы обнаружить наличие или отсутствие тока через гальванометр, иначе может происходить нагревание проводников, изменяющее их сопротивление, а также при длительном протекании тока через элемент происходит изменение его ЭДС за счет поляризационных явлений.

В данной работе известную ЭДС следует измерять с помощью цифрового вольтметра.

Компенсационный метод измерения разности потенциалов применяется в полевом электроразведочном потенциометре, электрическая схема которого приведена на рис. 8. Если разность потенциалов на участке эталонного сопротивления R (потенциометра) между точками m и n полностью компенсирует разность потенциалов между заземленными электродами M и N , ток через гальванометр будет равен нулю. Потенциометр снабжен шкалой, по которой непосредственно отсчитывается значение измеряемого напряжения.

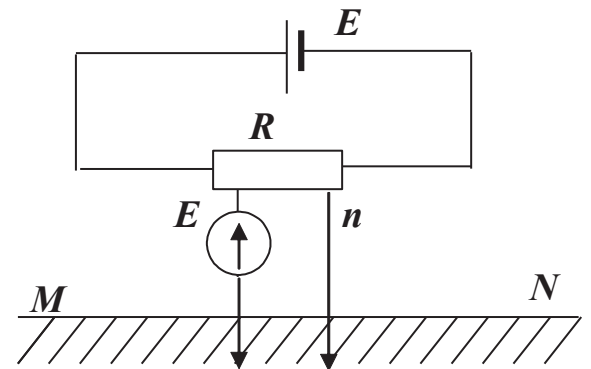


Рис. 8. Схема цепи полевого электроразведочного потенциометра

В геофизике применяется прибор, называемый электроразведочный автокомпенсатор, в котором компенсирующая разность потенциалов создается автоматически при помощи электронной схемы. Он позволяет легко производить измерения силы тока в питающей цепи и разности потенциалов между приемными электродами.

Выполнение работы

Необходимые приборы: круговой реохорд, цифровой вольтметр, переключатель S_1 , набор сопротивлений R_1 , R_2 , R_3 , предназначенных для изменения силы тока через реохорд, источник E постоянного напряжения, источник E_x с неизвестной ЭДС, источник E_0 с известной ЭДС. Все элементы схемы, кроме цифрового вольтметра, собраны внутри лабораторного стенда.

Рабочая схема опыта показана на рис. 9 и на панели стенда.

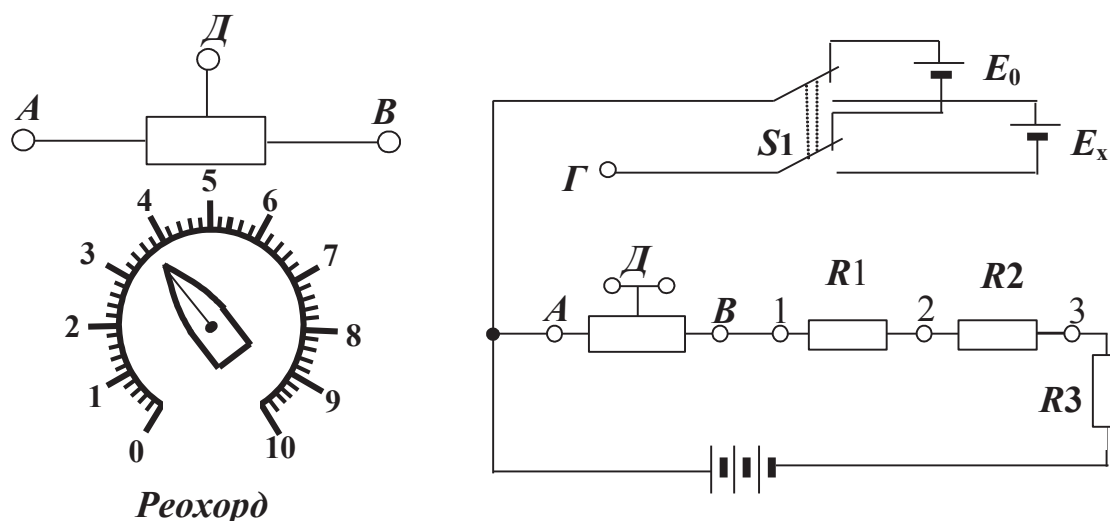


Рис. 9. Рабочая схема опыта

Порядок выполнения работы

1. Подготовьте к работе цифровой вольтметр в соответствии с инструкцией по эксплуатации, находящейся на лабораторном столе.
2. Подключите вольтметр к клеммам Γ и Δ .
3. Реохорд включите в цепь с помощью перемычек (соедините попарно клеммы AA , DD и BB на реохорде и в измерительной цепи).
4. Включите лабораторный стенд тумблером, расположенным в левой части передней стенки.

5. Перемычкой закоротите сопротивления R_1 и R_2 , оставив включенным сопротивление R_3 (соединить клеммы 1 и 3).

6. С помощью переключателя S_1 включите источник с неизвестной ЭДС E_x (перевести переключатель в верхнее положение).

7. Вращением ручки кругового реохорда добейтесь нулевого показания вольтметра. Отсчитайте по шкале реохорда от нуля длину левого l_1 плеча AD и запишите ее в табл. 4.1.

8. С помощью переключателя S_1 включите источник с известной ЭДС E_0 (перевести переключатель в нижнее положение).

9. Добейтесь нулевого показания вольтметра и определите длину левого l_2 плеча AD кругового реохорда.

10. Для второго опыта закоротите перемычкой только сопротивление R_1 (соединить клеммы 1 и 2), оставив включенными (R_3+R_2), и повторите пункты 6 - 9 для каждого из элементов E_x и E_0 .

11. Третий опыт проводится при сопротивлениях ($R_1+R_2+R_3$) цепи, для чего перемычка убирается совсем. Результаты запишите в табл. 4.1.

12. Измерьте цифровым вольтметром ЭДС известного и неизвестного источников. Для этого подключите вольтметр к клеммам A и G . Источники переключаются тумблером S_1 . Показания вольтметра запишите под таблицей.

Таблица 4. 1

Результаты измерений

R_n	l_1 , дел. шкалы	l_2 дел. шкалы	E_x , В	ΔE_x , В
R_3				
R_3+R_2				
$R_1+R_2+R_3$				
Средние значения			$\bar{E}_x =$	$\Delta \bar{E}_x =$

Во всех трех случаях вычислите ЭДС неизвестного элемента E_x по формуле (2.04.5). Определите среднее значение E_x , средние абсолютную и относительную погрешности. Окончательный результат запишите в виде:

$$E_x = \bar{E}_x \pm \Delta \bar{E}_x. \quad (2.04.6)$$

Сравните значение ЭДС неизвестного источника, измеренное методом компенсации, со значением, полученным с помощью цифрового вольтметра.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется электродвижущей силой источника тока?
2. Что такое сторонние силы?
3. Назовите способы измерения ЭДС.
4. Какова природа ошибки, допускаемой при измерении ЭДС источника тока с помощью вольтметра?
5. В чем заключается метод компенсации и каковы его достоинства?
6. Приведите принципиальную схему электрической цепи для измерения ЭДС методом компенсации. Поясните порядок проведения измерений.
7. Выведите расчетную формулу для определения E_x .
8. Какому условию должна удовлетворять в этой установке величина ЭДС источника тока, служащего для питания цепи?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Зисман Г. А., Тодес О. М. Курс общей физики. Т 2 М.: Наука, 1974. 336 с.

Физический практикум. Электричество и оптика /Под ред. В. И. Ивероной. М.: Наука, 1968. 815 с.