

Лабораторная работа № 3.4

ЗАКОН ОМА ДЛЯ НЕОДНОРОДНОГО УЧАСТКА ЦЕПИ

3.4.1. Цель работы

Целью работы является знакомство с компьютерным моделированием цепей постоянного тока и экспериментальное подтверждение закона Ома для неоднородного участка цепи.

3.4.2. Краткая теория

Электрический ток – это направленное движение электрических зарядов.

Сила тока – скалярная физическая величина, численно равная заряду, перенесённому через поперечное сечение проводника в единицу времени,

$$I = \frac{dq}{dt}. \quad (3.4.1)$$

Однородный участок цепи – такой участок, где на свободные электрические заряды действуют только силы электрического поля.

Закон Ома для однородного участка цепи в интегральной форме: сила тока, текущего по однородному металлическому проводнику, прямо пропорциональна разности потенциалов на концах участка и обратно пропорциональна сопротивлению проводника R .

$$I = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{R}. \quad (3.4.2)$$

Удельное сопротивление ρ – это сопротивление проводника длиной 1 м и площадью сечения 1 м².

$$R = \rho \frac{l}{S}. \quad (3.4.3)$$

Закон Ома для однородного участка цепи в дифференциальной форме: плотность тока \vec{j} в данной точке проводника пропорциональна напряжённости \vec{E} электрического поля в этой же точке

$$\vec{j} = \frac{\vec{E}}{\rho}. \quad (3.4.4)$$

Резистором называется устройство, обладающее заданным постоянным сопротивлением.

Реостатом называется переменное сопротивление.

Неоднородный участок цепи – такой участок, где на свободные электрические заряды одновременно действуют как силы электрического поля, так и сторонние силы.

Сторонние силы – силы, разделяющие заряды в проводниках.

На рис. 3.4.1 изображен неоднородный участок цепи (содержит источник тока).

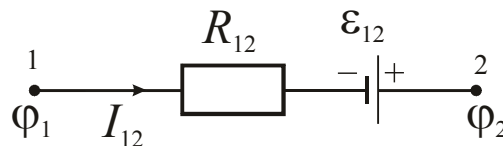


Рис. 3.4.1. Неоднородный участок цепи

По закону Ома для неоднородного участка цепи, сила тока прямо пропорциональна напряжению на этом участке и обратно пропорциональна его полному сопротивлению:

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12})}{R} = \frac{U_{12}}{R}, \quad (3.4.5)$$

где φ_1 и φ_2 – потенциалы концов участка;

ε_{12} – ЭДС, действующая на данном участке;

U_{12} – напряжение на участке 1–2;

R – полное сопротивление цепи.

Разность потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$ характеризует работу силы электрического поля по переносу единичного положительного заряда из точки 1 в точку 2.

ЭДС характеризует работу сторонних сил по переносу единичного положительного заряда из точки 1 в точку 2.

Совместную работу сил электрического поля и сторонних сил на участке цепи 1–2 характеризуют напряжением на этом участке U_{12} .

Применяя закон Ома для неоднородного участка цепи, необходимо помнить о *правиле выбора знаков*: произведение IR следует брать со знаком «+», если направление обхода совпадает с направлением тока на этом участке; ЭДС ε_{12} будет иметь знак «+», если её направление (от минуса к плюсу) совпадает с направлением обхода. При этом надо иметь в виду, что вольтметр, подключённый к концам любого участка цепи, будет показывать разность потенциалов между точками подключения прибора, направление отклонения стрелки прибора будет определяться параметрами внешней цепи.

Таким образом, закон Ома для полной цепи можно записать в виде:

$$I = \frac{\pm V + \varepsilon_{12}}{R + r}, \quad (3.4.6)$$

где r – внутреннее сопротивление источника тока;

V – показание вольтметра.

3.4.3. Порядок выполнения работы

Запустите программу «Открытая физика 1.1». Выберите «Электричество и магнетизм» и «Цепи постоянного тока». Нажмите вверху внутреннего окна кнопку с изображением страницы. Прочитайте краткие теоретические сведения. Закройте окно теории, нажав кнопку с крестом в правом верхнем углу внутреннего окна.

В данной лабораторной работе изучается модель электрической цепи, содержащей на одном из своих участков источник электродвижущей силы (ЭДС). На этом участке, в зависимости от соотношений между параметрами цепи, разность потенциалов между его крайними точками может менять знак, переходя через 0.

1. Соберите на экране опыта замкнутую цепь, показанную на рис. 3.4.2. В компьютерной модели ЭДС источников тока обозначены буквой E , а в теоретической части – ε .

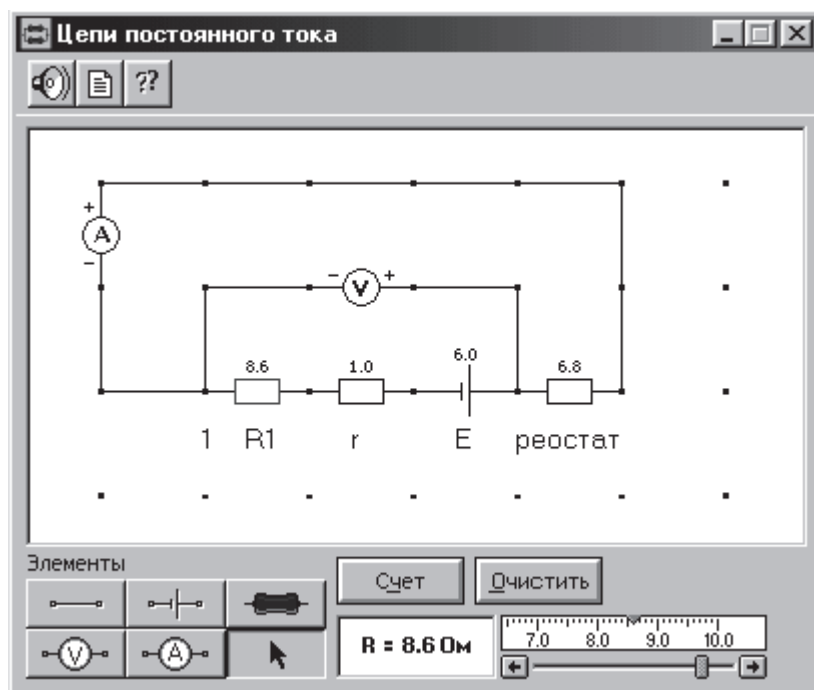








Рис. 3.4.2. Замкнутая цепь с одним источником ЭДС

Для этого сначала щелкните левой кнопкой мыши на кнопке ЭДС  в нижней части экрана. Переместите маркер мыши на рабочую часть экрана, где расположены точки. Щелкните левой кнопкой мыши между точками, где должен быть расположен источник ЭДС.

Разместите далее последовательно с источником резисторы, выполняющие функции его внутреннего сопротивления r и сопротивления неоднородного участка R_1 (нажав предварительно кнопку  в нижней части экрана), и амперметр (кнопка  там же). Затем расположите резистор нагрузки (реостат) и последовательно соединенный с ним амперметр. Над участком цепи расположите вольтметр , измеряющий разность потенциалов на этом неоднородном участке цепи.

Соедините все указанные приборы в замкнутую цепь. Для этого нажмите кнопку соединительного провода  внизу экрана, после чего переместите маркер мыши в рабочую зону схемы. Щелкайте левой кнопкой мыши между точками в необходимых местах рабочей зоны и сформируйте замкнутую цепь (см. рис. 3.4.2).

2. Установите заданные значения электродвижущей силы E_1 , сопротивлений R_1 и r . Для этого щелкните левой кнопкой мыши по кнопке со стрелкой . Затем щелкните на нужном элементе. Подведите маркер мыши к движку появившегося регулятора, нажмите на левую кнопку мыши и, удерживая ее в нажатом состоянии, установите значения, указанные в табл. 3.4.1 для вашей бригады. Запишите установленные значения в табл. 3.4.2.

3. Заполните таблицу регулируемых величин (см. с. 6).

4. Установите сопротивление реостата $R = 1$ Ом. Щелкните мышью по кнопке «Счет» и запишите в табл. 3.4.2 показания амперметра A (сила тока I) и вольтметра V (разность потенциалов V).

5. Увеличивая сопротивление реостата R каждый раз на 1 Ом, повторите измерения силы тока и разности потенциалов по п. 4 и заполните табл. 3.4.2.

6. Включите в схему второй источник тока, как показано на рис. 3.4.3, установите значение E_2 , соответствующее номеру вашей бригады (см. табл. 3.4.1), и запишите его в табл. 3.4.3.

7. Проведите на второй схеме все измерения по пунктам 4, 5.

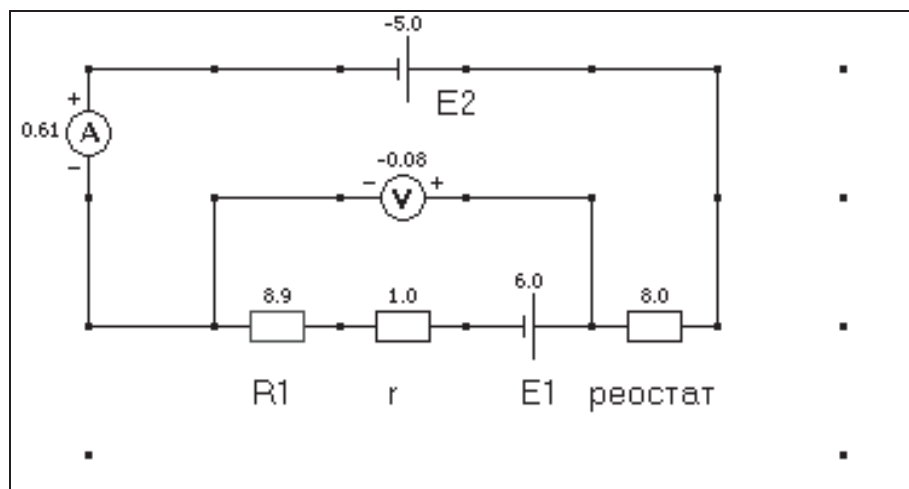


Рис. 3.4.3. Замкнутая цепь с двумя источниками ЭДС

Таблица 3.4.1

Значения ЭДС (E_1 и E_2), внутреннего сопротивления источника (r) и R_1

| Номер бригады | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| E_1 , В | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 |
| E_2 , В | -2,5 | -3,5 | -4,0 | -3,5 | -3,0 | -4,5 | -5,0 | -5,5 |
| r , Ом | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 |
| R_1 , Ом | 8,0 | 7,5 | 7,0 | 6,5 | 8,5 | 9,0 | 9,5 | 10,0 |

Таблица 3.4.2

Результаты измерений

| Номер измерения | $E_1 = \underline{\hspace{1cm}}$ В, $R_1 = \underline{\hspace{1cm}}$ Ом, $r = \underline{\hspace{1cm}}$ Ом | | | $E_1 = \underline{\hspace{1cm}}$ В, $E_2 = \underline{\hspace{1cm}}$ В, $R_1 = \underline{\hspace{1cm}}$ Ом, $r = \underline{\hspace{1cm}}$ Ом | | |
|-----------------|--|---------|---------|---|---------|---------|
| | R , Ом | U , В | I , А | R , Ом | U , В | I , А |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |

3.4.4. Обработка результатов измерений

1. Постройте график зависимости показаний вольтметра V (ось ординат) от силы тока I (ось абсцисс) для первой и второй схем.

2. Продолжите оба графика до пересечения с осью ординат и определите экспериментальное значение ЭДС (E_1) источника тока ($E_1 = V$, если $I = 0$). Сравните полученное значение со значением, указанным в табл. 3.4.1 для вашей бригады.

3. По тангенсу угла наклона прямой (см. с. 7) определите полное сопротивление участка для двух схем по формуле

$$R_1 + r = \frac{\Delta V}{\Delta I} \quad (3.4.7)$$

и сравните полученные значения со значениями, заданными в табл. 3.4.1.

4. Рассчитайте среднюю абсолютную и относительную погрешности измерений ЭДС полного сопротивления ($R_1 + r$) и запишите окончательный результат (см. с. 8).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется электрическим током?
2. Что такое сила тока?
3. Какой участок цепи называется однородным и неоднородным?
4. Сформулируйте и запишите закон Ома для однородного участка цепи в интегральной форме.
5. Сформулируйте закон Ома для однородного участка цепи в дифференциальной форме.
6. Что называется удельным сопротивлением проводника?
7. Что называется сторонней силой? Какова её природа?
8. Закон Ома для неоднородного участка цепи.
9. Дайте определение понятий: разность потенциалов, ЭДС источника тока, напряжение на участке цепи.