

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра физики

И.Н. АНИСИНА, Е.В. ВОЛКОВ, Т.И. ПИСКАРЕВА

ИЗУЧЕНИЕ РАЗВЕТВЛЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2005

ББК 22.34 я 73
А 67
УДК 535.421 (075)

Рецензент
Кандидат физико-математических наук, доцент Ф.Д.Влацкий

А67 **Анисина И.Н., Волков Е.В., Пискарева Т.И.**
Изучение разветвленных электрических цепей: Методические
указания к лабораторной работе. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. -
7с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы по изучению разветвленных электрических цепей. Работа включает теоретическое изложение материала, описание методики проведения опыта и контрольные вопросы для самоподготовки.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Общая физика» для студентов специальностей 180400, 180100, 012500.

ББК 22.34 я 73

© Анисина И.Н.,
Волков Е.В.,
Пискарева Т.И., 2005
© ГОУ ОГУ, 2005

1 Лабораторная работа №1. Изучение разветвленных электрических цепей

1.1 Цель работы

- 1 Усвоить правила Кирхгофа и научиться их применять для произвольного контура или узла.
- 2 Получить экспериментальное подтверждение правил Кирхгофа.

1.2 Теоретические сведения

На практике часто приходится рассчитывать сложные (разветвленные) цепи постоянного тока, например по заданным сопротивлениям участков цепи и приложенным ЭДС находить силу тока во всех участках. Решение этой задачи значительно облегчается, если пользоваться двумя правилами, сформулированными Г. Кирхгофом (1847).

Любая точка разветвления цепи, в которых сходится не менее трех проводников с током, называется узлом. Первое правило Кирхгофа формулируется следующим образом:

Алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле, равна нулю

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0$$

Токи, втекающие в узел, считаются положительными, а токи, вытекающие из него, - отрицательными. Например, для рисунка 1 первое правило Кирхгофа запишется так: $I_1 - I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$

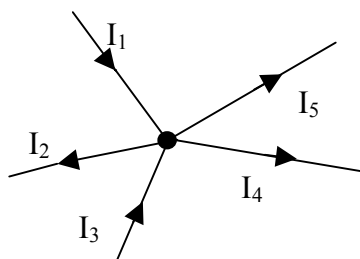


Рисунок 1

Первое правило Кирхгофа вытекает из закона сохранения электрического заряда. Действительно, в случае установившегося постоянного тока ни в одной точке проводника и ни на одном его участке не должны накапливаться электрические заряды. В противном случае токи не могли бы оставаться постоянными.

Второе правило Кирхгофа является обобщением закона Ома на разветвленные электрические цепи:

В любом замкнутом контуре, произвольно выбранном в разветвленной электрической цепи, алгебраическая сумма произведений сил токов I на сопротивление R соответствующих участков этого контура равна алгебраической сумме ЭДС, встречающихся в этом контуре:

$$\sum_i I_i R_i = \sum_k E_k$$

При расчете сложных цепей постоянного тока с применением правил Кирхгофа необходимо:

1 Выбрать произвольное направление токов на всех участках цепи; действительное направление токов определяется при решении задач: если искомый ток получится положительным, то его направление было выбрано правильно, отрицательным – его истинное направление противоположно выбранному.

2 Выбрать направление обхода контура и строго его придерживаться; произведение тока каждого участка на его сопротивление положительно, если ток на каждом участке совпадает с направлением обхода, или отрицательно, если обход и ток направлены на встречу; ЭДС источника пишется с плюсом, если источник приходят (при обходе контура) от отрицательного полюса (от -) к положительному (к +).

3 Составить столько уравнений, чтобы их число было равно числу искомых величин (в систему уравнений должны входить все сопротивления и ЭДС рассматриваемой цепи); каждый рассматриваемый контур должен содержать хотя бы один элемент, не содержащийся в предыдущих контурах, иначе получатся уравнения, являющиеся простой комбинацией уже составленных.

Рассмотрим несколько примеров на основе цепи, изображенной на рисунке 2.

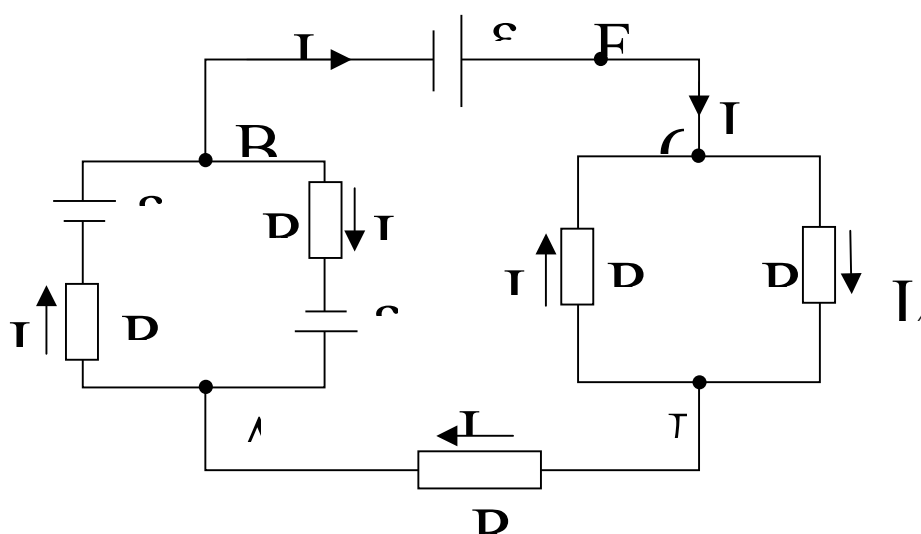


Рисунок 2

Выберем направление обхода во всех ниже рассмотренных контурах по часовой стрелке. Обход начнем с точки, стоящей первой в обозначении контура.

Контур CR_4DR_3C . В этом контуре I_4 совпадает, а I_3 идет навстречу обходу. Поэтому в алгебраической сумме I_4R_4 пишем с плюсом, а I_3R_3 - с минусом:

$$I_4R_4 - I_3R_3 = 0$$

В правой части ставим ноль, так как в контуре отсутствуют источники тока.

Контур $AR_1E_1BR_2E_2A$.

В нем во всех участках токи совпадают с направлением обхода, а каждая ЭДС проходится от отрицательного полюса к положительному. Поэтому все члены в алгебраических суммах для этого контура с плюсом.

$$I_1R_1 + I_1r_1 + I_2R_2 + I_2r_2 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$$

В изображенной на рисунке 2 разветвленной схеме имеется пять различных токов (I_1, I_2, I_3, I_4, I). Для их определения надо составить систему из пяти независимых уравнений.

$$I_1R_1 + I_1r_1 + I_2R_2 + I_2r_2 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \quad (\text{для контура } AR_1E_1BR_2E_2A.)$$

$$I_4R_4 - I_3R_3 = 0 \quad (\text{для контура } CR_4DR_3C)$$

$$I_1R_1 + I_1r_1 + Ir_3 + I_3R_3 + IR_5 = \varepsilon_1 + \varepsilon_3 \quad (\text{для контура } AR_1E_1BE_3CR_3DA)$$

$$I - I_1 + I_2 = 0 \quad (\text{для угла } A)$$

$$I - I_3 - I_4 = 0 \quad (\text{для угла } C)$$

Значения I_1, I_2, I_3, I_4 и I , удовлетворяющие этой системе уравнений, соответствуют токам схемы на рис. 2. Кроме того, через все элементы участка цепи от узла до узла течет один и тот же ток. Например, на рисунке 2. через R_2 и E_2 течет один и тот же ток I_2 , через R_1 и E_1 течет ток I_1 .

1.3 Описание установки

В лабораторной работе используется установка, состоящая из двух источников с ЭДС ε_1 и ε_2 соответственно. С этим источниками соединены семь сопротивлений по схеме, изображенной на рисунке 3.

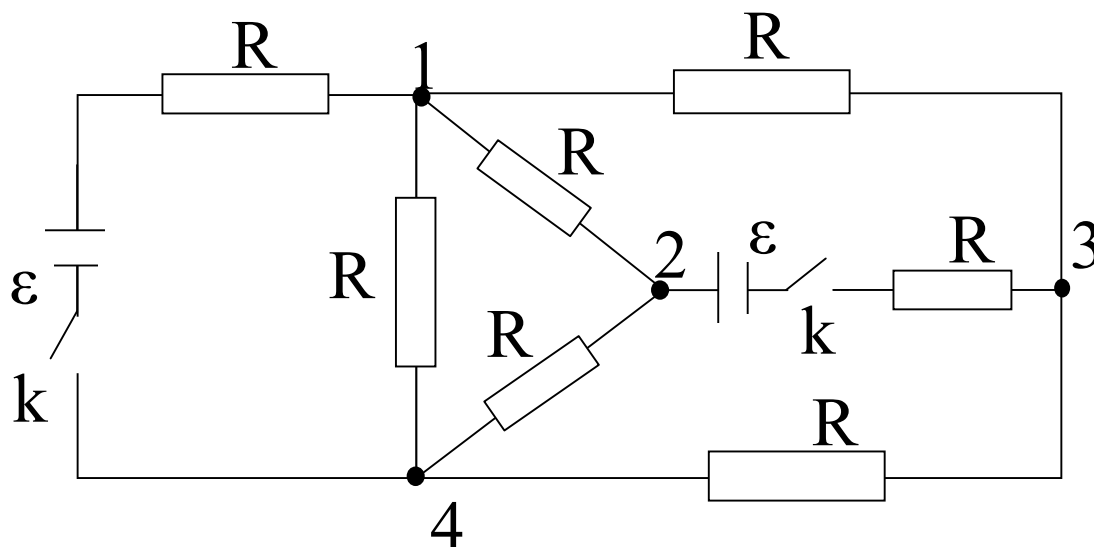


Рисунок 3.

Установка питается от сети ~ 220 В. Значения сопротивлений R_1, R_2, \dots, R_7 , а также внутренних сопротивлений первого (r_1) и второго (r_2) источников ЭДС указаны непосредственно на лабораторной установке. На левой стороне установки находится вольтметр, который позволяет непосредственно определить напряжения и направления тока на каждом сопротивлении и измерить, с допустимой для данной работы точностью, ε_1 и ε_2 .

1.4. Порядок выполнения работы.

Подключают установку к сети ~ 220 В. Тумблеры K_1 и K_2 ставят в положение «выкл.» и вольтметром измеряют напряжение U_1 на полюсах первого и U_2 на полюсах второго источников тока. Так как сопротивление вольтметра примерно в 2000 раз больше внутреннего сопротивления источников, то $U_1 \approx \varepsilon_1$ и $U_2 \approx \varepsilon_2$. Это утверждение непосредственно следует из рассмотрения рисунка 4. Обозначим сопротивление вольтметра через R_V , внутреннее сопротивление источника через r . Запишем второе правило Кирхгофа для этой цепи:

$$IR_V + Ir = \varepsilon$$

Но так как $R \gg r$, то в левой части уравнения можно пренебречь слагаемым Ir .

$$IR_V \approx \varepsilon.$$

Но IR_V как раз равно напряжению на вольтметре, равное показаниям вольтметра U_V : $U_V \approx \varepsilon$.

Определив ε_1 и ε_2 , переходят к измерению напряжений U_i на каждом из семи ($i=1, 2, 3, \dots, 7$) сопротивлений R_i .

Результаты измерений вносят в таблицу.

Затем с помощью вольтметра определяют направление тока в каждом R_i . Для этого концы каждого R_i соединяют с вольтметром так, чтобы его стрелка отклонялась вправо. Ток I_i и R_i течет в сторону понижения потенциала, то есть от «+» к «-», от места контакта провода, соединенного с положительной клеммой вольтметра. Определенные таким образом направления I_i , указывают стрелкой на схеме в лабораторном отчете. По закону Ома для участка цепи находят все силы токов $I_i = \frac{U_i}{R_i}$.

Значения I_i также вносят в таблицу экспериментальных данных.

Таблица 1

$\varepsilon_1 \approx U_1 =$ В, $r_1 = 56$ Ом; $\varepsilon_2 \approx U_2 =$ В, $r_2 = 56$ Ом							
I	1	2	3	4	5	6	7
U_i , В							
R_i , Ом							
I_i А							

После заполнения таблицы проверяют выполнимость первого правила Кирхгофа в узлах 1, 2, 3, и 4.

Затем выбирают четыре замкнутых контура (по усмотрению студента) и для каждого из них проверяют выполнимость второго правила Кирхгофа.

Для одного узла и контура проверяют выполнимость первого и второго

Правил Кирхгофа с учетом ошибок измерений. При этом надо учесть, что абсолютная ошибка измерения напряжения ΔU_i на каждом сопротивлении равна приборной ошибке $\Delta U_{пр}$:

$$\Delta U_i = \Delta U_{пр} = \frac{\gamma U_H}{100},$$

где γ – класс точности вольтметра (указан на вольтметре);

U_H – номинальное значение напряжения, измеряемое вольтметром ($U_H = 10$ В).

Ошибку измерения тока ΔI_i вычисляют по алгоритму нахождения ошибки косвенных измерений, так как

$$I_i = \frac{U_i}{R_i}$$

$$\Delta I_i = \sqrt{\left(\frac{\partial I_i}{\partial U_i} \Delta U_i\right)^2 + \left(\frac{\partial I_i}{\partial R_i} \Delta R_i\right)^2}$$

Абсолютную ошибку ΔR_i каждого сопротивления примите равной 5 Ом.
Сделайте выводы.

1.5 Контрольные вопросы

1. Сформулируйте первое правило Кирхгофа. Проиллюстрируйте его примерами из Вашей работы.
2. Сформулируйте второе правило Кирхгофа. Приведите примеры на составление уравнений на основе второго правила Кирхгофа.
3. Сколько независимых уравнений надо составить, чтобы вычислить значения токов во всех участках цепи?
4. Цель и порядок выполнения работы.
5. Подтверждают ли полученные Вами экспериментальные данные правила Кирхгофа?
6. Как в данной работе определяются ошибки измерения тока и напряжения?

Список использованных источников

1. Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб.пособие. В 3-х т.Т.2. Электричество и магнетизм. Волны .Оптика. М.: Наука,1988.-496с.,ил.
2. Трофимова Т.И. Курс физики: Учеб. пособие для вузов.- 7-е изд., стер.- М.: Высш. шк., 2001.- 542.: ил.
3. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики:Учеб. пособие для вузов. – М.: высш. шк., 1989. – 608 с.: ил.