

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ

Зав. каф. – руководитель ОЭФ на правах
кафедры
_____ А.М. Лидер
« ____ » _____ 2023 г.

**Исследование характеристик источников ЭДС.
Законы Ома и Кирхгофа**

Методические указания к выполнению лабораторной работы
2-08 по курсу «Физика» для студентов всех направлений и
специальностей

Издательство
Томского политехнического университета
2023

УДК 537
ББК 22.2

Исследование характеристик источников ЭДС. Законы Ома и Кирхгофа: методические указания к работе 2-08 по курсу «Физика» для студентов всех направлений и специальностей / сост. В.С. Сыпченко. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2023. – 19 с.

УДК 537
ББК 22.2

Методические указания рассмотрены и рекомендованы
к изданию методическим семинаром
Отделения экспериментальной физики ИЯТШ
«_____» 2023 г.

Председатель
учебно-методической комиссии _____ А.М. Лидер

Рецензенты
Кандидат физико-математических наук,
доцент ОЭФ ИЯТШ НИ ТПУ
Л.А. Святкин

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКОВ ЭДС. ЗАКОНЫ ОМА И КИРХГОФА

Цели работы: убедиться в справедливости закона Ома для электрической цепи и проверить опытным путем законы Кирхгофа.

Приборы и принадлежности: монтажная панель с регулируемым источником питания постоянного тока, мультиметры (3 шт), набор резисторов с различными значениями сопротивления, комплект соединительных проводов.

Краткое теоретическое введение

Если в проводнике создать электрическое поле, то носители заряда придут в упорядоченное движение: положительные в направлении поля, отрицательные в противоположную сторону. Упорядоченное движение зарядов называется *электрическим током*. Его принято характеризовать силой тока – скалярной величиной, равной заряду, переносимому носителями через рассматриваемую поверхность в единицу времени. Если за время dt переносится заряд dq , то сила тока i по определению равна

$$i = \frac{dq}{dt}. \quad (1)$$

Электрический ток может быть обусловлен движением как положительных, так и отрицательных носителей. Перенос отрицательного заряда в одном направлении эквивалентен переносу такого же по величине положительного заряда в противоположном направлении.

За направление тока принимается направление, в котором перемещаются положительные носители.

Носители заряда принимают участие в молекулярном тепловом движении и, следовательно, движутся с некоторой скоростью v и в отсутствие поля. Но в этом случае через произвольную площадку, проведенную мысленно в проводнике, проходит в обе стороны в среднем одинаковое количество носителей любого знака, так что сила тока (1) равна нулю.

Ток, не изменяющийся со временем, называется *постоянным*. Мы будем обозначать его силу буквой I , сохранив для непостоянного тока обозначение i . Очевидно, что

$$I = \frac{q}{t}, \quad (2)$$

где q – заряд, переносимый через рассматриваемую поверхность за конечное время t .

Если в проводнике создать электрическое поле и не принять мер для его поддержания, то перемещение носителей заряда приведет

очень быстро к тому, что поле внутри проводника исчезнет и, следовательно, ток прекратится. Для того чтобы поддерживать ток достаточно длительное время, нужно от конца проводника с меньшим потенциалом (носители заряда предполагаются положительными) непрерывно отводить приносимые сюда током заряды, а к концу с большим потенциалом непрерывно их подводить. Иными словами, необходимо осуществить круговорот зарядов, при котором они двигались бы по замкнутому пути, т.к. циркуляция вектора электростатического поля равна нулю

$$\oint E_{\text{эл.стат.}} dl = 0.$$

Поэтому в замкнутой цепи наряду с участками, на которых положительные заряды движутся в сторону убывания ϕ , должны иметься участки, на которых перенос положительных зарядов происходит в направлении возрастания потенциала ϕ , т. е. против сил электростатического

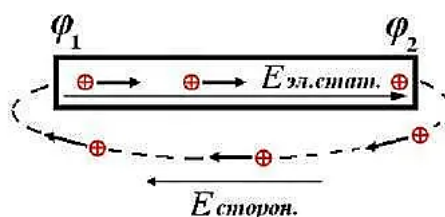


Рис. 1

поля (см. изображенную пунктиром часть цепи на рис. 1). Перемещение носителей на этих участках возможно лишь с помощью сил неэлектростатического происхождения, называемых *сторонними силами*. Таким образом, для поддержания тока необходимы сторонние силы, действующие либо на всем протяжении цепи, либо на отдельных ее участках. Они могут быть обусловлены химическими процессами, диффузией носителей заряда в неоднородной среде или через границу двух разнородных веществ, электрическими (но не электростатическими) полями, порождаемыми меняющимися во времени магнитными полями и т. д.

Сторонние силы можно охарактеризовать работой, которую они совершают над перемещающимися по цепи зарядами. Величина, равная работе сторонних сил, отнесенной к единице положительного заряда, называется *электродвижущей силой* (ЭДС) ξ , действующей в цепи или на ее участке. Следовательно, если работа сторонних сил над зарядом q равна A , то по определению

$$\xi = \frac{A}{q}. \quad (3)$$

Из сопоставления формул (3) вытекает, что размерность ЭДС совпадает с размерностью потенциала. Поэтому измеряется в тех же единицах, что и ϕ .

Стороннюю силу $F_{\text{см}}$, действующую на заряд q , можно представить в виде

$$\vec{F}_{cm} = q \cdot \vec{E}_{cm}.$$

Векторную величину \vec{E}_{cm} называют *напряженностью поля сторонних сил*. Работу сторонних сил над зарядом q на всем протяжении замкнутой цепи можно выразить следующим образом:

$$A = \oint \vec{F}_{cm} d\vec{l} = q \oint \vec{E}_{cm} d\vec{l}.$$

Разделив эту работу на q , получим ЭДС, действующую в цепи:

$$\xi = \oint \vec{E}_{cm} d\vec{l}. \quad (4)$$

Таким образом, ЭДС, действующая в замкнутой цепи, может быть определена как циркуляция вектора напряженности поля сторонних сил.

Электродвижущая сила, действующая на участке 1–2, очевидно, равна

$$\xi_{12} = \int_1^2 \vec{E}_{cm} d\vec{l}. \quad (5)$$

Кроме сторонних сил на заряд действуют силы электростатического поля $\vec{F}_E = q\vec{E}$. Следовательно, результирующая сила, действующая в каждой точке цепи на заряд q , равна

$$\vec{F} = \vec{F}_{cm} + \vec{F}_E = q(\vec{E}_{cm} + \vec{E}).$$

Работа, совершаемая этой силой над зарядом q на участке цепи 1–2, дается выражением

$$A_{12} = q \int_1^2 \vec{E}_{cm} d\vec{l} + q \int_1^2 \vec{E} d\vec{l} = q\xi_{12} + q(\varphi_1 - \varphi_2). \quad (6)$$

Для замкнутой цепи работа электростатических сил равна нулю, так что $A = q\xi$.

Величина, численно равная работе, совершаемой электростатическими и сторонними силами при перемещении единичного положительного заряда, называется *падением напряжения* или просто *напряжением* U на данном участке цепи. В соответствии с формулой (6)

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 + \xi_{12}. \quad (7)$$

При отсутствии сторонних сил напряжение U совпадает с разностью потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$.

Закон Ома. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа

Немецкий физик Георг Симон Ом (1787-1854) в 1826 году экспериментально установил закон, согласно которому сила тока, текущего по однородному металлическому проводнику, пропорциональна падению напряжения U на проводнике:

$$I = \frac{U}{R}. \quad (8)$$

Однородным называется проводник, в котором не действуют сторонние силы. В этом случае, как было отмечено ранее, напряжение

U совпадает с разностью потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$, поддерживаемой на концах проводника. Величина R называется *электрическим сопротивлением* проводника.

Закон Ома в виде (8) справедлив для однородного участка цепи, т. е. такого участка, в котором не действует электродвижущая сила. Чтобы получить выражение закона Ома для неоднородного участка цепи, будем исходить из закона сохранения энергии. Пусть на концах участка поддерживается разность потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$ (рис.

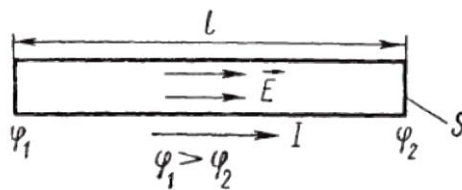


Рис. 2

2). ЭДС, действующую на участке, обозначим ξ_{12} . Задавшись определенным направлением (например, обозначенным на рис. 2 стрелкой), ток I и ЭДС ξ_{12} нужно рассматривать как алгебраические величины. Ток будем считать положительным, если он течет в направлении, указанном стрелкой, и отрицательным при противоположном направлении. Аналогично ЭДС будем считать положительной, если она действует в направлении стрелки (это значит, что над положительным зарядом, перемещающимся в этом направлении, сторонние силы совершают положительную работу), и отрицательной, если она действует в противоположную сторону.

Если проводники, образующие участок цепи, неподвижны, то единственным результатом протекания тока будет нагревание проводников. Поэтому работа всех сил (электростатических и сторонних), совершенная над носителями заряда, должна быть равна выделившемуся теплу. За время dt по проводнику переносится заряд $dq = Idt$. Согласно (6) работа, совершаемая над этим зарядом, равна

$$dA_{12} = \xi_{12}dq + (\varphi_1 - \varphi_2)dq.$$

За время dt выделяется тепло

$$dQ = I^2 R dt = IR(Ids) = IRdq.$$

Приравнявая эти два выражения и сокращая на dq , получаем

$$IR = \xi_{12} + (\varphi_1 - \varphi_2), \quad (9)$$

откуда

$$I = \frac{\xi_{12} + (\varphi_1 - \varphi_2)}{R}. \quad (10)$$

Формулы (9) и (10) выражают закон Ома для неоднородного участка цепи. При $\xi_{12} = 0$ формула переходит в выражение (8) закона Ома для однородного участка цепи. Положив в (10) $\varphi_1 = \varphi_2$, получим выражение закона Ома для замкнутой цепи

$$I = \frac{\xi}{R}, \quad (11)$$

где ξ – ЭДС, действующая в цепи, R – суммарное сопротивление всей цепи $R=R_{\text{вн}}+r$, где $R_{\text{вн}}$ – сопротивление внешней части цепи, r – внутреннее сопротивление источника (ЭДС).

Перепишем формулу (11) в виде:

$$\xi = IR_{\text{вн}} + Ir, \quad (12)$$

величина $U=IR$ является напряжением на внешней части цепи. Тогда формула (12) примет вид:

$$\xi = U + Ir. \quad (13)$$

Если в полной цепи менять внешнее сопротивление, то будут меняться величины I и U (ток в цепи и напряжение на внешней её части). Пусть при силе тока в цепи I_2 , напряжение на внешней цепи равно U_1 , а при силе тока I_1 равно U_2 . Тогда дважды запишем формулу (13).

$$\begin{aligned} \xi &= U_1 + I_1 r \\ \xi &= U_2 + I_2 r \end{aligned} \quad (14)$$

Левые части у уравнений одинаковые, поэтому приравняем правые части:

$$U_2 + I_2 r = U_1 + I_1 r$$

откуда:

$$r = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} \quad (15)$$

Подставив (15) в одно из уравнений системы (14), получим формулу для нахождения ξ ЭДС источника:

$$\xi = \frac{U_1 I_2 - I_1 U_2}{I_2 - I_1} \quad (16)$$

Расчет разветвленных цепей значительно упрощается, если пользоваться правилами, сформулированными Кирхгофом. Существует два правила. Первое из них относится к узлам цепи. *Узлом* называется точка, в которой сходится более чем два проводника (рис. 3). Ток, текущий к узлу, считается имеющим один знак (плюс или минус), текущий от узла – имеющим другой знак (минус или плюс). Первое правило Кирхгофа гласит, что *алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле, равна нулю*:

$$\sum I_k = 0. \quad (17)$$

Справедливость этого утверждения вытекает из следующих соображений. Если бы алгебраическая сумма токов была отлична от

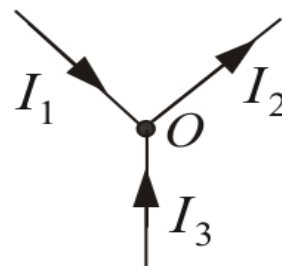


Рис. 3

нуля, в узле происходило бы накапливание или уменьшение заряда, что в свою очередь приводило бы к изменению потенциала узла и изменению текущих в цепи токов. Таким образом, чтобы токи в цепи были постоянными, должно выполняться условие (17).

Уравнение (17) можно написать для каждого из N узлов цепи. Однако независимыми являются только $N-1$ уравнение, N -е будет следствием из них.

Выделим мысленно в разветвленной цепи произвольный замкнутый контур (см. контур $1-2-3-1$ на рис. 4). Зададим направление обхода (например, по часовой стрелке, как указано на рисунке) и применим к каждому из неразветвленных участков контура закон Ома:

$$\begin{aligned}\varphi_2 - \varphi_3 + \xi_1 &= I_1 R_1; \\ \varphi_3 - \varphi_1 + \xi_2 &= I_2 R_2; \\ \varphi_1 - \varphi_2 + \xi_3 &= I_3 R_3.\end{aligned}$$

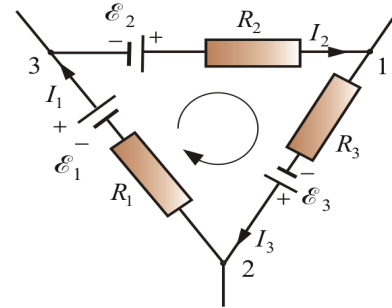


Рис. 4

При сложении этих выражений потенциалы сокращаются и получается уравнение

$$\sum I_k \cdot R_k = \sum \xi_k, \quad (18)$$

которое выражает второе правило Кирхгофа. Оно гласит, что *в любом замкнутом контуре цепи алгебраическая сумма произведений токов на сопротивления соответствующих участков контура равна алгебраической сумме ЭДС в контуре*. С учетом того, что $U=IR$ выражение (18) можно переписать в следующем виде

$$\sum U_k = \sum \xi_k, \quad (19)$$

Уравнение (18) может быть составлено для всех замкнутых контуров, которые можно выделить мысленно в данной разветвленной цепи. Однако, независимыми будут только уравнения для тех контуров, которые нельзя получить в результате наложения, других контуров друг на друга.

При составлении уравнений второго закона Кирхгофа токам и Э.Д.С. нужно приписывать знаки в соответствии с выбранным направлением обхода. Направления обхода в каждом из контуров можно выбирать совершенно произвольно и независимо от выбора направлений в других контурах.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Для проверки законов Ома и Кирхгофа используется модульный учебный комплекс (рис 5).

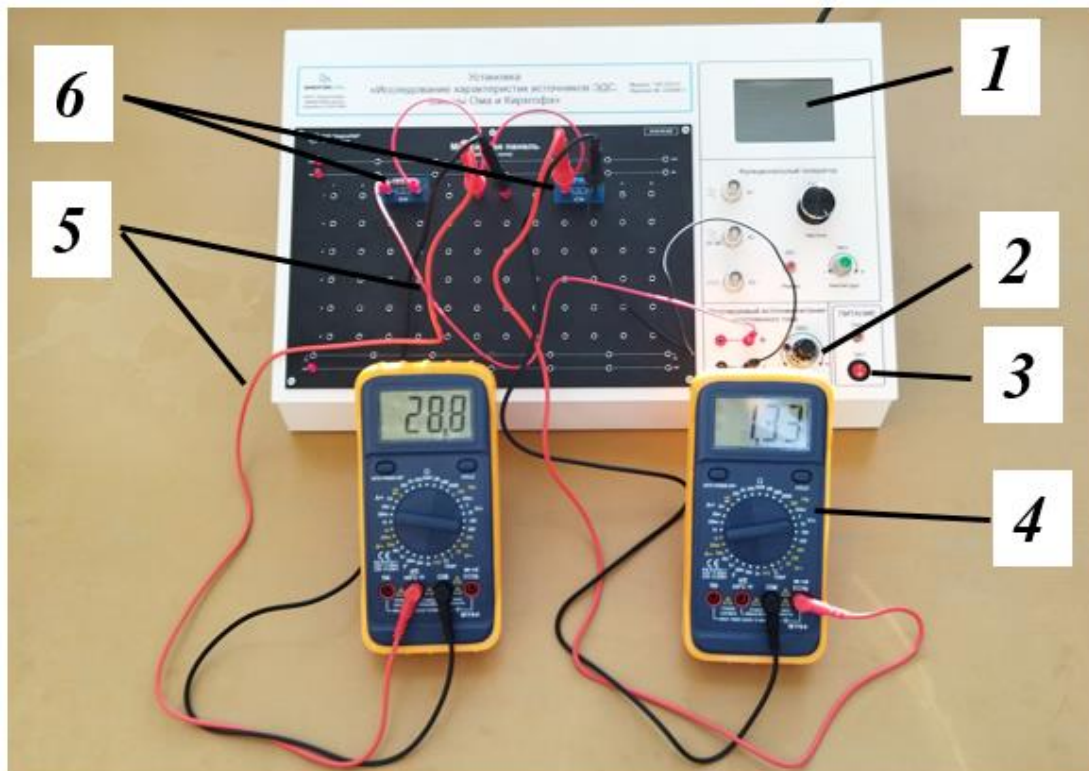


Рис. 5. Общий вид лабораторной установки: 1- дисплей источника питания постоянного тока, 2 - регулятор напряжения источника питания постоянного тока, 3 – кнопка включения источника постоянного тока, 4 – мультиметр, 5 – соединительные провода, 6 - резисторы.

Как пользоваться мультиметром для измерения напряжения и силы тока. Электромонтажные и пусконаладочные работы всегда связаны с измерением характеристик электрической сети, проверки наличия напряжения и работоспособности цепей прибора или линии. Для этих целей существует огромное количество различных измерительных приборов и тестеров, но самым универсальным и полезным прибором для домашних мастеров и профессионалов является мультиметр (рис. 6).



Рис. 6. Краткое описание измеряемых параметров и их обозначение мультиметра.

Для обозначения параметров на мультиметрах производители применяют стандартную маркировку на английском языке или специальные символы. Для работы с прибором важно знать основы электротехники, чтобы правильно и безопасно осуществлять необходимые измерения.

Каждый прибор разделен на зоны с настройками для работы с определенным видом напряжения электрической сети:

ACV или **V~** – напряжение переменного тока;

DCV или **V-** – напряжение постоянного тока;

ACA или **A~** – сила переменного тока;

DCA или **A-** – сила постоянного тока;

Ω – сопротивление на участке цепи или в электрическом приборе.

В зависимости от модели мультиметра, количество гнезд (разъемов) для подключения щупов, может быть различным. Подключать щупы для измерения электрических параметров сети необходимо в правильные гнезда прибора. У большинства измерительных приборов маркировка гнезд следующая:

10A- – для замера постоянного тока, не превышающего 10 А (в это гнездо подключают красный плюсовой щуп);

VΩmA или **VΩ**, **V/Ω** – в это гнездо подключают красный (плюсовой) щуп при определении напряжения, силы постоянного тока до 200 мА, для прозвонки диодов и цепей;

COM (COM) – общее гнездо для черного (минусового) щупа на всех типах мультиметров;

20A – такое гнездо существует не на всех моделях (чаще всего можно встретить на дорогих профессиональных устройствах), задача этого гнезда аналогична **10A-**, но с пределом до 20 А.

Измерение постоянного напряжения. Для того, чтобы выполнить измерение в этом режиме необходимо перевести прибор в положение **DCV** или **V-**, при этом замер (если не знаете примерное напряжение) лучше всего начинать с максимального значения переключателя, постепенно уменьшая диапазон, до получения нужной размерности. Если на экране прибора результат измерения отображается со знаком «минус», то значит была нарушена полярность подключения щупов (это значит «минус» был подключен к «плюсу» цепи, в которой производится измерение, а «плюс» к «минусу»).

Что касается размерности, если, к примеру, на экране высвечивается цифра 003, то значит необходимо уменьшить диапазон измерения. Постепенно снижая величину напряжения с помощью переключателя, будет высвечиваться 03, 3. Если на дисплее отображается цифра «1» или другое непонятное число, то скорее всего неправильно выбран режим работы или необходимо повысить верхний предел измеряемого напряжения. Другими словами, измеряемое значение напряжения должно быть меньше, чем верхний предел, выбранный на мультиметре.

Стандартные значения для переключателя в зоне постоянного напряжения: до 200 мВ, 2 В, 20 В, 200 В, 1000 В.

Измерение переменного напряжения. Режим измерения напряжения переменного тока включается перемещением переключателя в положение **ACV** или **V~**. Этот режим также имеет несколько диапазонов. Обычно на стандартных мультиметрах есть два варианта выбора переменного напряжения: до 200 В и до 750 В. Например, для измерения напряжения в бытовой сети 220В, устанавливают переключатель на 750 В и в розетку вставляют два щупа (в разные отверстия). На дисплее отобразится действительное напряжение в текущий момент времени. Обычно это значение от 210 до 230 В, другие показания уже являются отклонениями от нормы.

Измерение постоянного и переменного тока. Для этого перемещаем переключатель мультиметра в режим **DCA** или **A-** (постоянного) и **ACA** или **A~** (переменного). Красный щуп должен быть подключен к гнезду с обозначением «10 А», а черный к «СОМ». Если значение измеряемого тока до 200 мА, то для большей точности показаний, красный щуп переставляем в разъем 200 мА. В любом случае, чтобы не сжечь прибор, измерения лучше всего начинать с щупом в разьёме 10 А и при необходимости его переставить. То же самое производим и с переключателем: сначала выставляем наибольший ток, постепенно уменьшая диапазон для получения нужного максимального предела до минимального значения в 2000 микроампер.

Необходимо знать, что щупы мультиметра подключаются в разрыв цепи. То есть красный щуп устанавливается на «плюс» источника питания, а черный к «плюсовому» проводнику.

Измерение сопротивления. Для замера сопротивления переключатель устанавливается в режим сопротивления (Ω) и выбирается нужный диапазон. Один из щупов прикладывается к одному входу резистора, другой к другому. При этом на дисплее высветится значение сопротивления. Переключая диапазон можно получить нужную размерность значения сопротивления. Если на дисплее высвечивается «ноль», то следует уменьшить диапазон, а если «1» то увеличить.

ЗАДАНИЯ

1. Определение внутреннего сопротивления и ЭДС источника
2. Проверить закон Ома для участка цепи.
3. Проверить закон Ома для полной цепи.
4. Убедиться в справедливости первого закона Кирхгофа.
5. Убедиться в справедливости второго закона Кирхгофа.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Упражнение 1. Определение внутреннего сопротивления и ЭДС источника.

1. Соберите схему на монтажной панели как показано на рис. 7 и 8, используя источник ЭДС, резистивное сопротивление, мультиметры и соединительные провода. Сопротивление резисторов, задаются ведущим преподавателем или сотрудником лаборатории. Не рекомендуется использовать резисторы с большим сопротивлением и отличающиеся по значению более чем на два порядка.

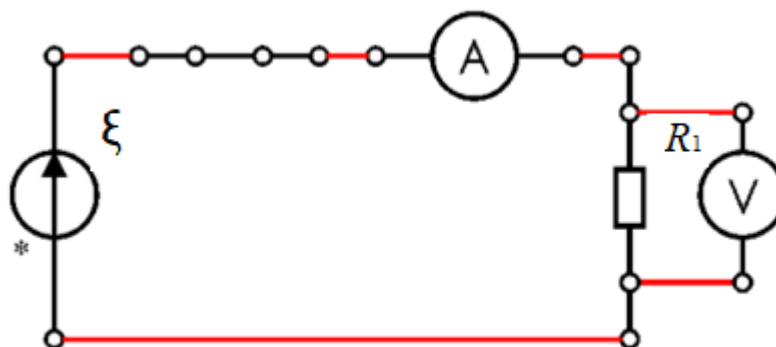


Рис. 7. Схема для проверки закона Ома на участке цепи.

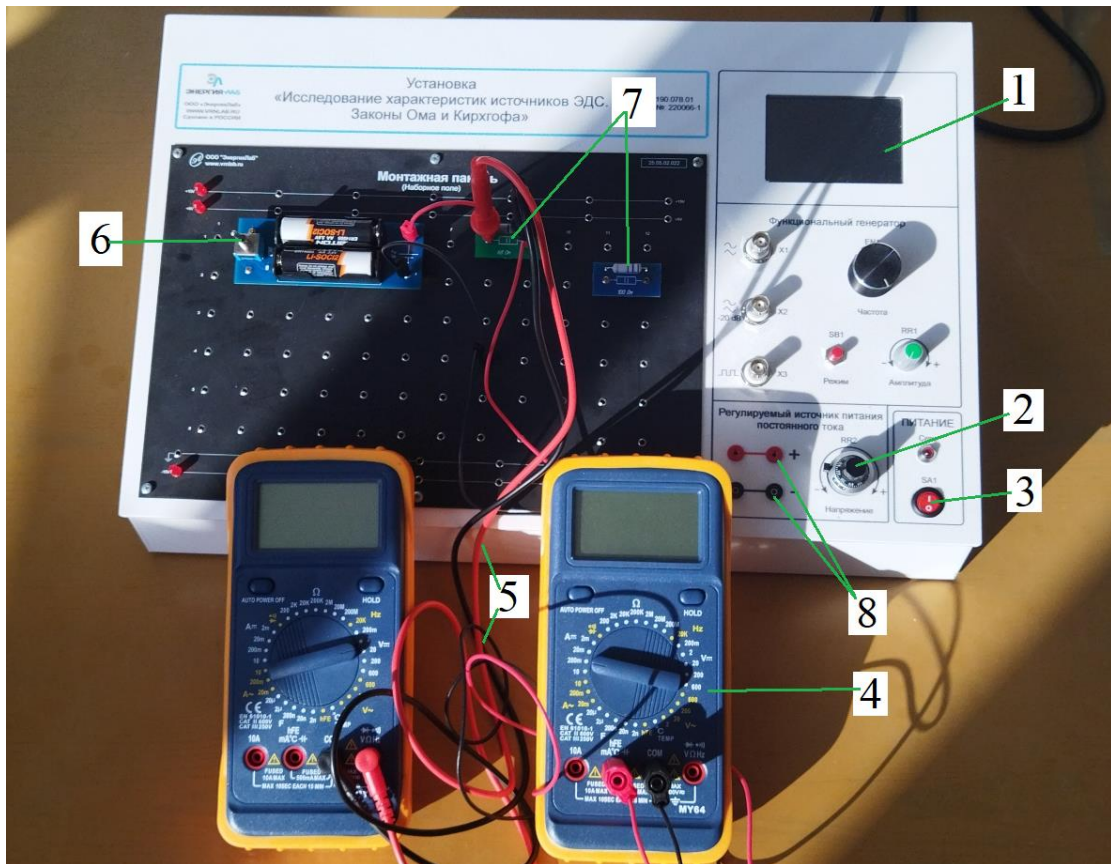


Рис. 8. Фотография собранной схемы для Упражнения 1. 1- дисплей источника питания постоянного тока, 2 - регулятор напряжения источника питания постоянного тока, 3 – кнопка включения источника постоянного тока, 4 – мультиметр, 5 – соединительные провода, 6 – источник ЭДС (аккумуляторы), 7 – резисторы, 8 – разъёмы для подключения к источнику питания постоянного тока.

2. Подключенные мультиметры (2 шт) переведите в режим измерения амперметра и вольтметра. Один из контактов на мультиметре должен быть подключен в разъем «СОМ», а второй в режим «mA» или «V» в зависимости в качестве кого устройства используется мультиметр.

Таблица 1

Резистор R, Ом	Напряжение U с резистора R, В	Ток I, mA	Внутреннее сопротивление r, Ом	ЭДС источника, В

3. Занесите в таблицу 1 значения резисторов.

4. Включите источник ЭДС (аккумуляторы) используя переключатель на источнике (загорится красная лампочка). На

амперметре и вольтметре отобразятся значения тока и напряжения, перенесите данные в таблицу 1.

5. Замените в электрической цепи резистор и повторите п. 4.

6. По формулам (15) и (16) рассчитайте значения внутреннего сопротивления и ЭДС источника.

6. Разберите электрическую цепь. Сделайте вывод о проделанной работе.

Упражнение 2. Проверка закон Ома для участка цепи.

1. Соберите установку и включите ее в сеть. Включите «питание» на монтажной панели, предварительно убедившись, что «регулятор источника питания постоянного тока RR2» находится в крайнем левом положении, на дисплее (1) рис. 5 значение 0 В..

2. Соберите схему на монтажной панели как показано на рис. 9, используя резистивные сопротивления, мультиметры и соединительные провода. Подключите токоведущие провода к источнику питания постоянного тока (8) рис. 8. Сопротивление резисторов R_1 и R_2 , задаются ведущим преподавателем или сотрудником лаборатории. Не рекомендуется использовать резисторы с большим сопротивлением и отличающиеся по значению более чем на два порядка.

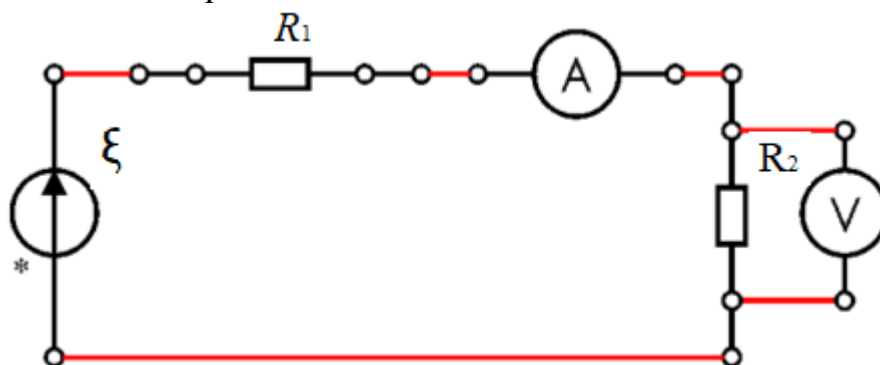


Рис. 9. Схема для проверки закона Ома на участке цепи.

3. Подключенные мультиметры (2 шт) переведите в режим измерения амперметра и вольтметра. Один из контактов на мультиметре должен быть подключен в разъем «СОМ», а второй в режим «mA» или «V» в зависимости в качестве кого устройства используется мультиметр.

4. Медленно изменяя напряжение на «регуляторе источника питания постоянного тока» с шагом 0,5 В от 0 до 5 В занесите значения токов и напряжений в таблицу 2.

Таблица 2

Напряжение источника питания постоянного тока ξ , В										
Напряжение с резистора R_2 U, В										
Ток I, мА										
Резистор	R_1 , Ом		R_2 , Ом		R_2 (экс.), Ом					

5. Используя полученные значения тока и напряжения на резисторе R_2 постройте график зависимости $U=f(I)$. По данной зависимости определить угловой коэффициент касательной, который должен быть численно равен $R_2(\text{экс.})$. Полученное значение $R_2(\text{экс.})$ занесите в таблицу и сравните со значением R_2 . Сделайте вывод.

6. Сделайте вывод о справедливости закона Ома для участка цепи.

Упражнение 3. Проверка закон Ома для полной цепи.

1. Соберите установку и включите ее в сеть. Включите «питание» на монтажной панели, предварительно убедившись, что «регулятор источника питания постоянного тока RR2» находится в крайнем левом положении.

2. Соберите схему на монтажной панели как показано на рис. 10, используя резистивные сопротивления, мультиметры и соединительные провода. Подключите токоведущие провода к источнику питания постоянного тока (8) рис. 8. Сопротивление резисторов R_1 и R_2 , задаются ведущим преподавателем или сотрудником лаборатории. Не рекомендуется использовать резисторы с большим сопротивлением и отличающиеся по значению более чем на два порядка.

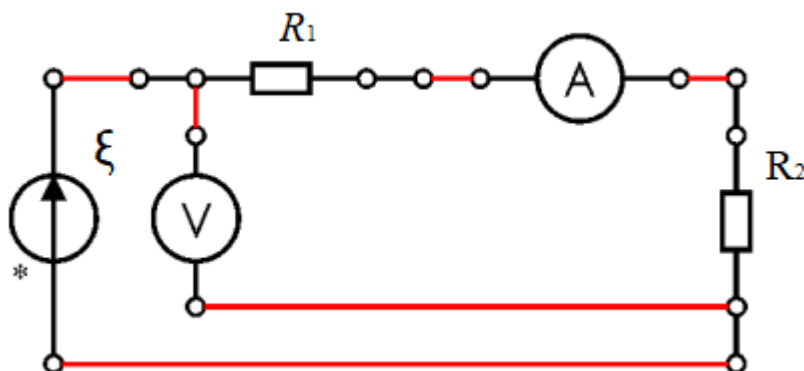


Рис. 10. Схема для проверки закона Ома для полной цепи.

3. Подключенные мультиметры (2 шт) переведите в режим измерения амперметра и вольтметра. Один из контактов на мультиметре должен быть подключен в разъем «СОМ», а второй в режим «mA» или «V» в зависимости в качестве кого устройства используется мультиметр.

4. Медленно изменяя напряжение на «регуляторе источника питания постоянного тока» с шагом 0,5 В от 0 до 5 В занесите значения тока и напряжений в таблицу. 3.

Таблица 3

Напряжение источника питания постоянного тока ζ , В									
Напряжение U, В									
Ток I, mA									
Резистор	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	R _п (теор.), Ом		R _п (экс.), Ом				

5. По полученным значениям тока и напряжения, постройте график зависимости $U=f(I)$. Из построенной зависимости определите угловой коэффициент касательной, который должен быть численно равен R_п. Полученное значение полного сопротивления R_п (экс.) занесите в таблицу и рассчитайте полное теоретическое значение сопротивления R_п (теор.). Сравните значения. Сделайте вывод.

6. Сделайте вывод о справедливости закона Ома для полной цепи.

Упражнение 4. Проверка справедливости первого закона Кирхгофа.

1. Соберите установку и включите ее в сеть. Включите «питание» на монтажной панели, предварительно убедившись, что «регулятор источника питания постоянного тока RR2» находится в крайнем левом положении.

2. Соберите схему на монтажной панели как показано на рис. 11, используя резистивные сопротивления, мультиметры и соединительные провода. Подключите токоведущие провода к источнику питания постоянного тока (8) рис. 8. Сопротивление резисторов R₁, R₂ и R₃, задаются ведущим преподавателем или сотрудником лаборатории. Не рекомендуется использовать резисторы с большим сопротивлением и отличающиеся по значению более чем на два порядка.

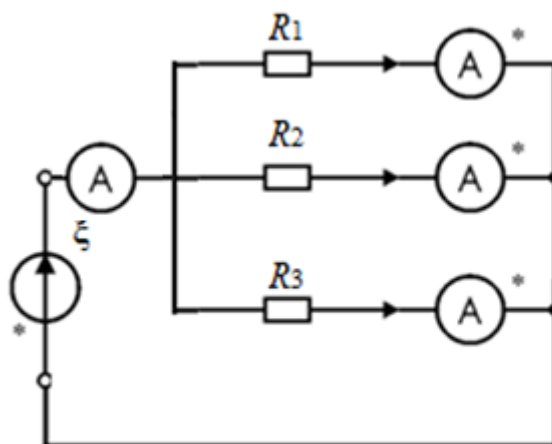


Рис. 11. Схема для проверки закона первого закона Кирхгофа.

3. Подключенные мультиметры переведите в режим измерения амперметра. Один из контактов на мультиметре должен быть подключен в разъем «СОМ», а второй в режим «mA». Амперметр следует включить значком «*» к узлу. Для измерения силы тока I на источнике Э.Д.С. используется один из мультиметров.

4. Медленно изменяя напряжение на «регуляторе источника питания постоянного тока» с шагом 0,5 В от 0 до 3 В занесите значения токов и напряжений в таблицу 4.

Таблица 4

Напряжение источника питания постоянного тока ξ , В						
Ток I_1 , мА						
Ток I_2 , мА						
Ток I_3 , мА						
Ток I , мА						
$\sum I$, мА						
$\sum I_k$, мА						

5. Просуммируйте полученные значения токов I_1, I_2, I_3 и занесите в строку $\sum I$, сравните полученные значения с силой тока I на источнике постоянного тока. Разницу между I и $\sum I$, занесите в строку $\sum I_k$. Проверьте справедливость формулы (17).

6. Сделайте вывод о справедливости первого закона Кирхгофа.

Упражнение 5. Проверить справедливость второго закона Кирхгофа.

1. Соберите установку и включите ее в сеть. Включите «питание» на монтажной панели, предварительно убедившись, что «регулятор источника питания постоянного тока RR2» находится в крайнем левом положении.

2. Соберите схему на монтажной панели как показано на рис. 10, используя резистивные сопротивления, мультиметры и соединительные провода. Сопротивление резисторов R_1 и R_2 , задаются ведущим преподавателем или сотрудником лаборатории. Не рекомендуется использовать резисторы с большим сопротивлением и отличающиеся по значению более чем на два порядка.

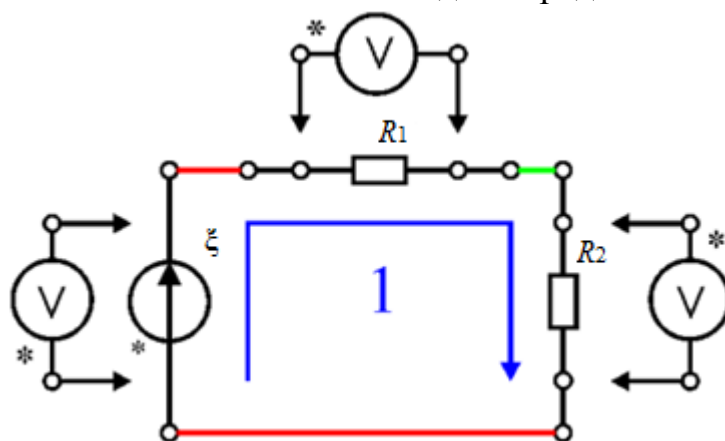


Рис. 10. Схема для проверки закона первого закона Кирхгофа.

3. Подключенные мультиметры (3 шт) переведите в режим измерения амперметра. Один из контактов на мультиметре должен быть подключен в разъем «СОМ», а второй в режим «V». Вольтметр следует включать значком «*» к узлу, *полярность вольтметра нельзя менять относительно направления обхода контура.*

4. Медленно изменяя напряжение на «регуляторе источника питания постоянного тока» с шагом 0,5 В от 0 до 3 В занесите значения напряжений в таблицу 5.

Таблица 5

Напряжение источника питания постоянного тока ξ , В						
Напряжение U_1 на R_1 , В						
Напряжение U_2 на R_2 , В						
$\sum U_k$, В						
$(\xi - \sum U_k)$, В						

5. Просуммируйте полученные значения напряжений U_1 и U_2 и занесите в строку $\sum U_k$. Сравните полученные значения со значением на источнике питания постоянного тока ξ , разницу между ξ и $\sum U_k$, занесите в таблицу. Проверьте справедливость формулы (19).

6. Сделайте вывод о справедливости второго закона Кирхгофа.

7. Напишите общий вывод о проделанной работе.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Что называется электрической цепью, контуром, узлом, ветвью электрической

2. Что называется электрическим током, в каких единицах он измеряется?

3. Что называется потенциалом, в каких единицах он измеряется?

4. Что называется электрическим напряжением, в чем оно измеряется?

5. Что называется падением напряжения, в чем оно измеряется?

6. Что такое положительное направление тока, напряжения и источника? Поясните свой ответ примером

7. Сколько всего уравнений нужно составить по законам Кирхгофа для расчета электрической схемы?

8. По каким формулам можно определить мощность, потребляемую резистором?

9. Как распределяются напряжение и мощность между последовательно соединенными резисторами?

10. Каково распределение токов в параллельных ветвях?

11. Как рассчитать проводимости ветвей и эквивалентную проводимость при параллельном соединении резисторов?

12. Как влияет число параллельных ветвей нагрузки на ток I в неразветвленной части цепи?

13. Какое сопротивление имеют диэлектрики, полупроводники? В чем их различие и каковы методики определения их сопротивления?

14. Как влияет температура проводника на величину измеряемого сопротивления?

15. Вы измерили сопротивление проводника. Как измерить его емкость? Чему она равна?

16. Как уменьшить мощность потерь в проводах линии передачи постоянного тока при неизменной мощности источника?

17. Как увеличить КПД линии передачи? Какие контуры называются взаимно независимыми?

18. Какой режим работы электротехнического устройства называется номинальным?

19. Какой режим работы электрической цепи называется согласованным?

20. Сформулировать условие передачи по линии максимальной мощности и записать это условие.

21. В магазине при покупке сопротивления вам могут предложить сопротивления одинакового номинала, но различной стоимости. Чем определяется стоимость сопротивления?

22. Определите сопротивление проволочного куба, каждая сторона которого представляет собой одинаковое (разное) сопротивление.

Глоссарий

Ветвью – участок электрической цепи с одним и тем же током. Ветвь состоит из одного активного или пассивного элемента, или представляет собой последовательное соединение нескольких элементов.

Контур – замкнутый путь, проходящий через несколько ветвей и узлов разветвлённой электрической цепи.

Мультиметр – это универсальный прибор для измерения электрических характеристик, который объединяет в себе множество функций (в зависимости от модели). В минимальной комплектации такой прибор состоит из амперметра, вольтметра и омметра. В самом распространенном варианте он выполняется в цифровом виде портативного исполнения. Внешне имеет прямоугольную форму с дисплеем и поворотным или кнопочным переключателем функций. Для выполнения замеров к мультиметру подключаются два щупа (красный и черный) в строгом соответствии с маркировкой на приборе.

Узел – место соединения трех и более ветвей.

Электрическое сопротивление – физическая величина, характеризующая свойство проводника препятствовать прохождению электрического тока и равная отношению напряжения на концах проводника к силе тока, протекающего по нему

Учебное издание

Исследование характеристик источников ЭДС. Законы Ома и Кирхгофа

Методические указания к выполнению лабораторной работы
2-08 по курсу «Общая физика» для студентов всех направлений и
специальностей

Составители

СЫПЧЕНКО Владимир Сергеевич

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном
соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 10.01.2023. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл.печ.л. 9,01. Уч.-изд.л. 8,16.
Заказ . Тираж 50 экз.

Национальный исследовательский Томский политехнический
университет


Система менеджмента качества

Издательства Томского политехнического университета

сертифицирована

NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO
9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru