

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Московский энергетический институт
(технический университет)
Волжский филиал**

Кафедра Механики и материаловедения

А.Н. Бебяков, В.П. Мельников, С.В. Кулешина

ИЗУЧЕНИЕ ОБОБЩЕННОГО ЗАКОНА ОМА

**Методические указания к выполнению
лабораторной работы № 23 по курсу “Физика”**

ВОЛЖСКИЙ 2002

УДК 532
Л 125

Рецензент:

Петухов И.М., канд. техн. наук, доцент кафедры ТЭС

Бебяков А.Н., Мельников В.П., Кулешина С.В.

Изучение обобщенного закона Ома. Методические указания к выполнению лабораторной работы № 23 по курсу “Физика”. – Волжский: ВФ МЭИ, 2002. – 12 стр.

При выполнении лабораторной работы студенты изучают зависимость тока на участке цепи от разности потенциалов. Определяют величину ЭДС и сопротивление участка с использованием графических построений.

Работа предназначена для студентов 2 курса дневной и вечерней форм обучения всех специальностей.

УДК 532
Л 125

© 2002, Бебяков А.Н.
Мельников В.П.
Кулешина С.В.
© ВФ МЭИ, 2002

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение зависимости тока на участке цепи, содержащем ЭДС, от разности потенциалов на его концах; расчет ЭДС и полного сопротивления этого участка.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

Если в проводнике создать электрическое поле и не принять мер для его поддержания, то перемещение электрических зарядов под действием кулоновских сил приведет к выравниванию потенциалов во всех точках проводника, в результате чего электрическое поле в проводнике исчезнет.

Очевидно, что для поддержания постоянного тока в цепи на свободные заряды должны действовать помимо кулоновских сил еще какие-то иные, неэлектростатические силы. Эти силы носят название сторонних сил. Для создания таких сил используются источники тока: гальванические элементы, аккумуляторы, генераторы и др. В этих источниках электрический ток получается в результате электрохимических реакций или путем преобразования механической и других видов энергии в электрическую энергию.

Сторонние силы можно охарактеризовать работой, которую они совершают при перемещении зарядов по цепи. Величина, равная работе сторонних сил над единичным положительным зарядом, называется *электродвижущей силой* (ЭДС) \mathcal{E} , действующей в цепи или на ее участке. Следовательно, если работа сторонних сил над зарядом q равна A' , то

$$\mathcal{E} = \frac{A'}{q}. \quad (1)$$

Стороннюю силу \overline{F}' , действующую на заряд q , можно представить в виде

$$\overline{F}' = \overline{E}' q. \quad (2)$$

Векторную величину \overline{E}' называют *напряженностью поля сторонних сил*. Работа сторонних сил над зарядом q на участке цепи 1 – 2 равна

$$A' = \int_1^2 \overline{F}' \cdot \overline{dl} = q \int_1^2 \overline{E}' \cdot \overline{dl}. \quad (3)$$

Разделив эту работу на q , получим ЭДС, действующую на данном участке:

$$\mathcal{E} = \int_1^2 \overline{E}' \cdot \overline{dl}. \quad (4)$$

Кроме сторонних сил, на заряд действуют силы электростатического поля (кулоновские), которые аналогично (2) можно представить как

$$\overline{F}_0 = q \overline{E}_0. \quad (5)$$

Величина E_0 называется *напряженностью поля электростатических сил*. Работа кулоновских сил над зарядом q равна

$$A_0 = q \int_1^2 \overline{E_0} dl = q(\varphi_1 - \varphi_2). \quad (6)$$

Здесь $\varphi_1 - \varphi_2$ — разность потенциалов между точками 1 — 2.

Результирующая сила, действующая на заряд q , равна

$$\overline{F} = \overline{F_0} + \overline{F'}.$$

Работа, совершаемая этой силой над зарядом q на участке цепи 1 — 2, определяется как

$$A_{12} = q \int_1^2 \overline{E_0} dl + q \int_1^2 \overline{E'} dl = q(\varphi_1 - \varphi_2) + q\xi. \quad (7)$$

Величина, численно равная работе, совершаемой электростатическими и сторонними силами при перемещении единичного положительного заряда, называется *напряжением U_{12} на данном участке цепи*.

$$U_{12} = \frac{A_{12}}{q} = \varphi_1 - \varphi_2 + \xi. \quad (8)$$

Участок цепи, на котором не действуют сторонние силы, называется *однородным*. Участок, на котором на носители тока действуют сторонние силы, называется *неоднородным*. Для однородного участка цепи $\xi = 0$, поэтому разность потенциалов и напряжение на таком участке равны друг другу:

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2.$$

Уравнение (8) выражает обобщенный закон Ома для неоднородного участка цепи. Если использовать определение напряжения как $U_{12} = IR_{12}$, где I — ток в цепи, R_{12} — полное сопротивление участка, тогда обобщенный закон Ома примет вид:

$$IR_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 + \xi. \quad (9)$$

Применим обобщенный закон Ома к участку цепи, изображенному на рис. 1.

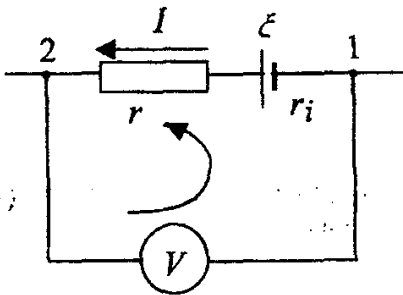


Рис. 1

Для цепи 1 — ξ — 2 получим

$$I(r + r_i) = \varphi_1 - \varphi_2 + \xi$$

$$\text{или } IR_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 + \xi, \quad (10)$$

где r_i — внутреннее сопротивление источника ξ ,

$R_{12} = r + r_i$ — полное сопротивление участка цепи.

Обобщенный закон Ома, примененный к участку 1 – V – 2 (обход через вольтметр), дает следующее:

$$\pm I_{\theta} r_{\theta} = \varphi_1 - \varphi_2, \quad (11)$$

где I_{θ} – ток, идущий через вольтметр;

r_{θ} – его сопротивление.

Но произведение $I_{\theta} r_{\theta}$ – это показание вольтметра. Следовательно, показание вольтметра, подключенного к концам любого участка цепи, всегда равно разности потенциалов между точками подключения прибора.

В равенстве (11) перед произведением $I_{\theta} r_{\theta}$ стоят знаки “±”, так как не зная параметров внешней (по отношению к рассматриваемому участку) цепи, нельзя заранее указать направление тока, идущего через прибор, то есть нельзя сказать потенциал какой точки (1 или 2) будет выше.

Таким образом, показание v_{θ} вольтметра в общем случае

$$v_{\theta} = |\varphi_1 - \varphi_2|.$$

Заменяя в выражении (10) разность потенциалов через показания вольтметра, получим

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \pm v_{\theta} = IR_{12} - \xi. \quad (12)$$

Из соотношения (12) видно, что между разностью потенциалов, измеряемой вольтметром, и током, обтекающим участок цепи, между концами которого включен вольтметр, существует линейная зависимость. Построив график этой зависимости, по углу наклона прямой можно определить сопротивление исследуемого участка цепи (рис. 2).

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta \varphi'' - \Delta \varphi'}{I'' - I'} = R_{12}, \quad (13)$$

где $\Delta \varphi'$ и $\Delta \varphi''$ – некоторые значения разностей потенциалов на концах участка;

I' и I'' – соответствующие им значения тока.

Из соотношения (12) также видно, что если ток, обтекающий участок, равен нулю, показание вольтметра по абсолютному значению равно ЭДС источника ξ , включенного в рассматриваемый участок, то есть $v_{\theta} = \xi$.

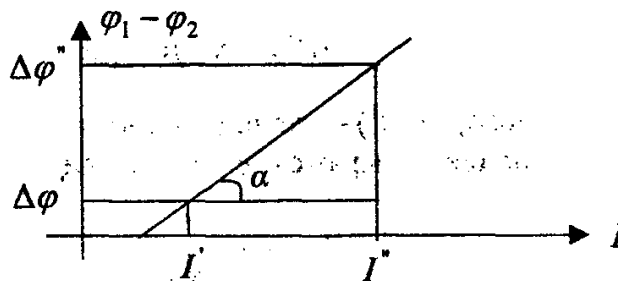


Рис. 2

3. ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ И МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ

Схема установки показана на рис. 3.

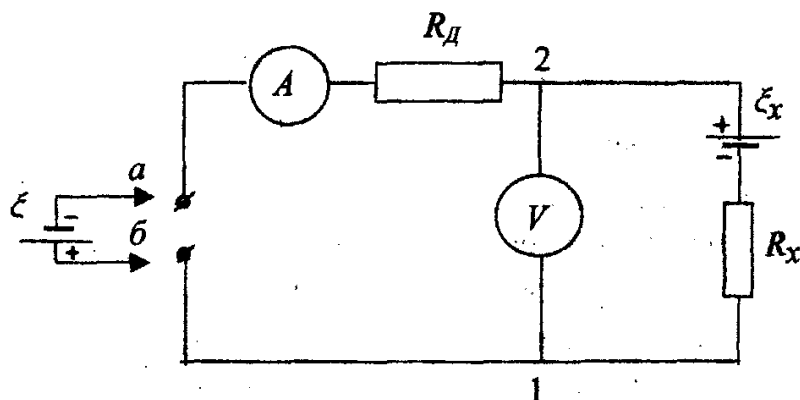


Рис. 3

Здесь ξ — источник тока с заданной ЭДС; ξ_x — источник тока с неизвестной ЭДС; R_x — внешнее сопротивление участка 1 — ξ_x — 2; R_d — дополнительное сопротивление. Внутренние сопротивления источников ξ и ξ_x при расчетах не учитываются из-за их малой величины.

В качестве приборов, указанных на рис. 3, используются: ξ — блок питания ТЭС-42; ξ_x — блок питания “Марс”; A — вольтметр В7-38 с токовой приставкой для измерения тока I ; V — микроультиметр ММЦ-01 для измерения разности потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$.

Приборы соединяются между собой согласно схеме на рис. 4.

Здесь M — модуль, в котором смонтирована электрическая схема.

Взаимное подключение источников ξ_x и ξ может быть согласным, когда “+” одного источника направлен к “-” другого источника, и встречным, когда “+” и “-” одного источника направлены к “+” и “-” другого источника. Изменение способа соединения производится путем переключения выводов a и b на лицевой панели модуля M .

По закону Ома для участка цепи 1 — ξ_x — 2 можно записать

$$\varphi_1 - \varphi_2 = IR_x - \xi_x, \quad (14)$$

а для замкнутой цепи

$$I(R_x + R_d) = \xi_x \pm \xi, \quad (15)$$

здесь $(+\xi)$ — для согласного, а $(-\xi)$ — для встречного включения.

Из (15) может быть найдено выражение для величины тока в цепи

$$I = \frac{\xi_x \pm \xi}{R_x + R_d}. \quad (16)$$

Как видно из (16), меняя величину ξ , можно менять и величину тока. При согласном включении ξ и ξ_x ток I растет с ростом ξ . Из (14) видно, что разность потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$ при этом линейно увеличивается.

При встречном включении ξ и ξ_x величина тока I уменьшается с ростом ξ и при $\xi = \xi_x$ становится равной нулю. При этом, согласно (14), $\varphi_1 - \varphi_2$ по абсолютному значению сравнивается с ξ_x , то есть в момент компенсации тока вольтметр измеряет величину ξ_x .

Схема соединения приборов

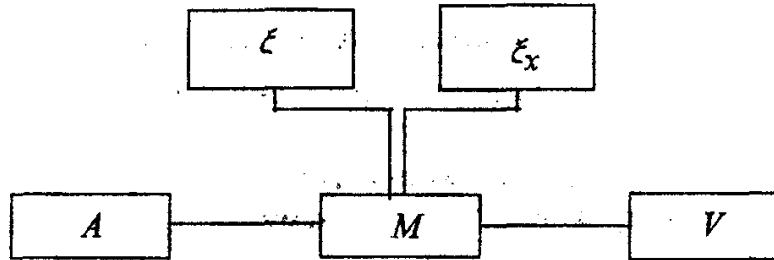


Рис. 4

4. ТАБЛИЦЫ ЗАМЕРОВ

Таблица 1

Согласное включение ξ и ξ_x

ξ	1	2	3	4	5	6
I, A						
$\varphi_1 - \varphi_2, B$						

Таблица 2

Встречное включение ξ и ξ_x

ξ	1	2	3	4	5	6
I, A						
$\varphi_1 - \varphi_2, B$						

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

5.1. Собрать схему, согласно рис. 4. Подсоединить к гнездам на лицевой панели модуля M :

- прибор A (вольтметр В7-38 с токовой приставкой). Предел измерения – 2 мА;
- прибор V (микромультиметр ММЦ-01). Предел измерения – 20 В.

Подключить источники ξ (ТЭС-42) и ξ_x (“Марс”) с помощью разъема на задней стенке модуля.

5.2. Установить согласное включение источников ξ и ξ_x , используя выводы *a* и *b* на лицевой панели модуля.

5.3. Подготовить приборы *A* и *V* для измерения постоянного тока и напряжения.

5.4. Включить приборы: ТЭС-42, "Марс", микроультиметр.

5.5. Установить на блоке "Марс" напряжение ξ_x в пределах 3-5 В (по указанию преподавателя).

5.6. Меняя величину ξ (на блоке ТЭС-42) от 1 до 6 В замерить величину тока *I* (вольтметр В7-38) и разность потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$ (микроультиметр). Для определения силы тока в мА показания прибора умножить на 10. Результаты замеров занести в таблицу 1.

5.7. Уменьшить ξ до нуля, выключить установку и переключить полярность ξ , получив схему, соответствующую встречному включению источников ξ и ξ_x . Включить установку.

5.8. Повторить п. 5.6. Данные занести в таблицу 2.

5.9. Выключить все приборы. Разобрать схему.

6. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

6.1. Построить график зависимости $\varphi_1 - \varphi_2 = f(I)$ для согласного и встречного включений.

6.2. По точке пересечения графика с осью ординат определить величину ЭДС ξ_x :

$$\xi_x = |\varphi_1 - \varphi_2|.$$

6.3. По наклону графика, используя формулу (13), определить величину сопротивления исследуемого участка цепи R_x .

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие соединения называются встречными и согласными?
2. Как изменяется ток при согласном и встречном соединениях?
3. Как определяется ξ_x в лабораторной работе?
4. Как определяется сопротивление исследуемого участка?
5. Как определить общее сопротивление при последовательном и параллельном включениях?
6. Сформулируйте обобщенный закон Ома для участка цепи.
7. Какие участки цепи называются однородными и неоднородными?

ЛИТЕРАТУРА

Детлаф А.А. Курс физики. Т.2. Электричество и магнетизм. — М.: Высшая школа, 1977. — стр. 110-114.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работы.....	3
2. Теоретические основы работы.....	3
3. Описание установки и методика измерения.....	6
4. Таблицы замеров.....	7
5. Порядок выполнения работы.....	7
6. Обработка результатов измерений.....	8
Контрольные вопросы.....	8
Литература.....	8

А.Н. Бебяков, В.П. Мельников, С.В. Кулешина

ИЗУЧЕНИЕ ОБОБЩЕННОГО ЗАКОНА ОМА

Методические указания к выполнению
лабораторной работы № 23 по курсу “Физика”

Редактор *Халдеева Г.П.*
Компьютерная верстка *Юриной В.В.*

Изд. лиц. № 03542 от 19.12.2000.
Подписано в печать 18.11.2002. Формат 60×90_{1/16}
Печать офсетная. Усл. печ. л. 0,8. Тираж 100 экз. Заказ № 106.

Издатель ВФ МЭИ (ТУ), 404110, г. Волжский, пр. Ленина, 69.
Отпечатано ВФ МЭИ (ТУ), 404110, г. Волжский, пр. Ленина, 69.