

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уфимский государственный авиационный технический университет»**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ
ИСТОЧНИКА ТОКА
КОМПЕНСАЦИОННЫМ МЕТОДОМ**

**Методические указания к лабораторной работе № 39
по дисциплине «Физика»**

Уфа 2015

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уфимский государственный авиационный технический университет»

Кафедра физики

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ
ИСТОЧНИКА ТОКА
КОМПЕНСАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Методические указания к лабораторной работе № 39
по дисциплине «Физика»

Уфа 2015

Составитель Е. В. Трофимова

УДК 537.313+541.134

УДК 537.313(07)

ББК 22.33(Я7)

0-62

Определение электродвижущей силы источника тока компенсационным методом: Методические указания к лабораторной работе № 39 по дисциплине «Физика» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост. Е. В. Трофимова – Уфа, 2015. – 13 с.

Цель методических указаний – закрепление и совершенствование знаний студентов по дисциплине «Физика» и формирование умений их применять для решения научно-технических задач в теоретических и прикладных аспектах, возникающих в последующей профессиональной деятельности выпускников технического университета.

Изучаются законы постоянного тока, правила расчета разветвленных цепей, их применение.

Приведены краткая теория, описание лабораторной установки, методика выполнения работы, форма отчетности.

Предназначены для студентов, изучающих дисциплину «Физика» по разделу «Электричество и магнетизм» на всех направлениях подготовки бакалавров и специалистов.

Табл. 1. Ил. 3. Библиогр.: 2 назв.

Рецензенты: докт. физ.-мат. наук, проф. Михайлов Г. П.,
канд. физ.-мат. наук, доц. Шатохин С. А.

© Уфимский государственный
авиационный технический университет, 2015

Содержание

Введение	4
1. Цель работы.....	5
2. Задачи.....	5
3. Теоретическая часть	5
4. Экспериментальная часть.....	9
5. Требования по технике безопасности	11
6. Задание.....	11
7. Методика выполнения задания.....	11
Контрольные вопросы	12
Требования к содержанию и оформлению отчёта	13
Критерии результативности выполнения лабораторной работы	13
Список литературы	13

Введение

На практике часто приходится иметь дело со сложными разветвленными цепями. Для их расчета применяют правила Кирхгофа. В электротехнике разветвленные цепи рассчитывают иным способом, но при изучении физических основ электродинамики предпочтительны именно эти правила, поскольку они имеют прозрачный физический смысл. В предлагаемой лабораторной работе эти правила применены для расчета компенсационной схемы измерения ЭДС.

В результате выполнения данной лабораторной работы формируются следующие компетенции:

- способность демонстрировать базовые знания в области общенаучных дисциплин и готовность применять основные законы природы в профессиональной деятельности;

- способность проводить эксперименты по заданной методике, обработку результатов, оценку погрешности и достоверности результатов опыта.

Перечисленные компетенции формируются через умения:

- работать с измерительными приборами;
- рассчитывать физические величины по экспериментальным данным;

- анализировать результаты опыта;

- оформлять отчет;

а также через владения:

- теоретическим материалом;

- навыками измерения физических величин по приборам;

- технологией обработки экспериментальных данных.

Лабораторная работа № 39

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ ИСТОЧНИКА ТОКА КОМПЕНСАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение компенсационного метода измерения ЭДС, определение неизвестной ЭДС.

2. ЗАДАЧИ

1. Изучить законы постоянного тока.
2. Экспериментально получить значение неизвестной ЭДС.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Электрический ток представляет собой направленное движение электрических зарядов. Эти заряды называют носителями тока. Основной характеристикой электрического тока является сила тока. Это величина заряда, прошедшего через сечение проводника за единицу времени: $I = dq / dt$. Положительное направление тока совпадает с направлением движения положительно заряженных частиц.

Направленное движение зарядов возможно, если в проводнике существует электрическое поле. Если бы в электрической цепи действовали только электростатические силы, то положительные носители тока под действием этих сил перемещались бы от большего потенциала к меньшему и, таким образом, снижали больший и повышали меньший потенциал. Это привело бы к выравниванию потенциала во всех точках проводника и прекращению тока. В связи с этим для поддержания тока в течение достаточно длительного времени в электрической цепи наряду с участками, на которых положительные носители движутся в сторону убывания потенциала, должны быть участки, на которых перенос положительных зарядов происходит в направлении возрастания потенциала, т.е. против сил электростатического поля. Перемещение носителей на этих участках возможно лишь с помощью сил неэлектростатического происхождения, называемых *сторонними силами*.

Сторонние силы характеризуют работой, которую они совершают над перемещающимися по цепи зарядами.

Работа сторонних сил над единичным положительным зарядом называется *электродвижущей силой* (ЭДС)

$$\varepsilon = A_{\text{ст}} / q, \quad (3.1)$$

где $A_{\text{ст}}$ – работа сторонних сил, q – величина перемещаемого заряда.

Если на участке цепи между точками 1 и 2 действует ЭДС ε_{12} , а разность потенциалов электростатического поля между этими точками равна $\varphi_1 - \varphi_2$, то величина

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12} \quad (3.2)$$

называется *падением напряжения* или просто *напряжением на данном участке*. Напряжение представляет собой суммарную работу электростатических и сторонних сил по перемещению единичного положительного заряда между концами участка цепи.

Опыт показывает, что напряжение на участке неразветвленной цепи равно произведению силы тока I на сопротивление участка R_{12}

$$U_{12} = I R_{12}. \quad (3.3)$$

Это равенство выражает закон Ома. Если цепь замкнута, то $\varphi_1 - \varphi_2 = 0$, (т.к. начало и конец совпадают) и

$$\varepsilon = I(R + r), \quad (3.4)$$

где ε – ЭДС, действующая в замкнутой цепи, r – внутреннее сопротивление источника ЭДС, R – сопротивление внешней цепи.

При подключении вольтметра к клеммам источника ЭДС показания вольтметра окажутся равными

$$U = I R_V = \varepsilon - I r. \quad (3.5)$$

Таким образом, с помощью вольтметра можно приблизительно определить величину ЭДС, если пренебречь падением напряжения $I r$ внутри источника.

Точное значение ЭДС можно определить с помощью компенсационного метода измерения ЭДС. Особенность этого метода состоит в том, что измерение ЭДС производится при нулевом токе через источник. На рис. 3.1 изображена принципиальная схема установки для измерения ЭДС компенсационным методом.

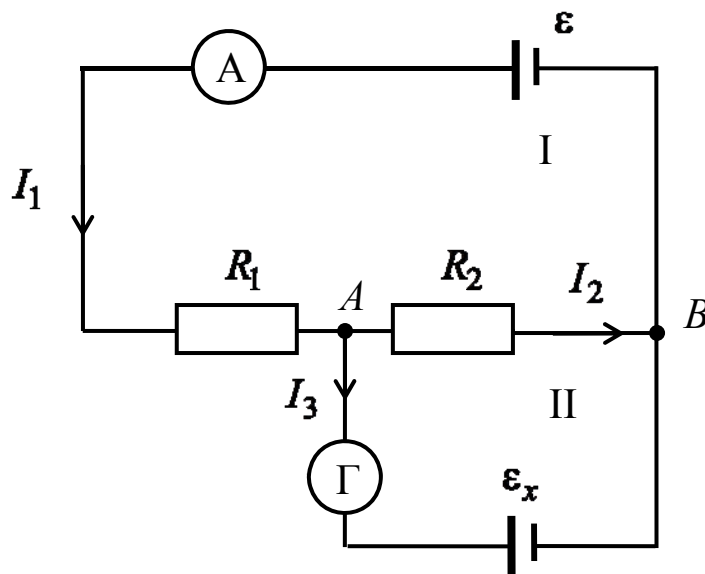


Рис 3.1

Для расчета такой цепи требуется применить правила Кирхгофа.

Согласно *первому правилу Кирхгофа* алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узле (точке разветвления проводов), равна нулю

$$\sum_{k=1}^N I_k = 0, \quad (3.6)$$

где N – число проводников, сходящихся в узле. Токи, входящие в узел, и выходящие из него, берутся с противоположными знаками.

Это правило выражает закон сохранения электрического заряда: какое количество электричества за единицу времени вошло в узел – такое же должно выйти.

Второе правило Кирхгофа: в произвольном замкнутом контуре алгебраическая сумма произведений сил тока на сопротивления участков контура равна алгебраической сумме действующих в нем ЭДС

$$\sum_{k=1}^L I_k R_k = \sum_{m=1}^N \varepsilon_m, \quad (3.7)$$

где L – количество неразветвленных участков контура, N – число источников ЭДС в контуре.

Направление обхода контура, разбитого на L участков, по которым текут токи I_k , выбирается произвольно. Положительными считаются токи, текущие в направлении обхода. ЭДС ε_m берется со знаком «+», если обход контура производится от отрицательного

полюса к положительному, и со знаком « \rightarrow » – в противоположном случае. Это правило следует из закона Ома.

Схема на рис. 3.1 состоит из двух замкнутых контуров I и II. Между узлами A и B на участке, включающем неизвестную ЭДС и гальванометр, источники ε и ε_x действуют в противоположных направлениях, и, меняя величины сопротивлений R_1 и R_2 , можно добиться, чтобы ток через гальванометр обратился в нуль.

В соответствии с первым правилом Кирхгофа для узла A (или B)

$$I_1 = I_2, \quad (3.8)$$

т.к. $I_3 = 0$.

По второму правилу Кирхгофа для контура II

$$I_2 R_2 + 0 = \varepsilon_x. \quad (3.9)$$

Отсюда следует, что при отсутствии тока через гальванометр величина неизвестной ЭДС ε_x компенсируется падением напряжения на сопротивлении R_2 . В качестве гальванометра используют приборы с высокой чувствительностью, и компенсационный метод позволяет определить величину ЭДС с высокой точностью.

В данной работе используется более удобная для практического применения разновидность компенсационного метода измерения ЭДС (рис. 3.2). Здесь имеется возможность включать в контур II либо эталонную ЭДС ε_N , либо неизвестную ε_x .

Включив в контур источник с эталонной ЭДС ε_N при помощи ключа K_3 и перемещая на реохорде AB подвижный контакт C , можно добиться нулевого показания гальванометра, т.е. компенсации ЭДС ε_N падением напряжения на участке реохорда AC

$$\varepsilon_N = I R_{AC} = (I \rho l_N) / S, \quad (3.10)$$

где I – ток в цепи реохорда, ρ – удельное сопротивление материала реохорда, S – поперечное сечение, l_N – длина участка AC .

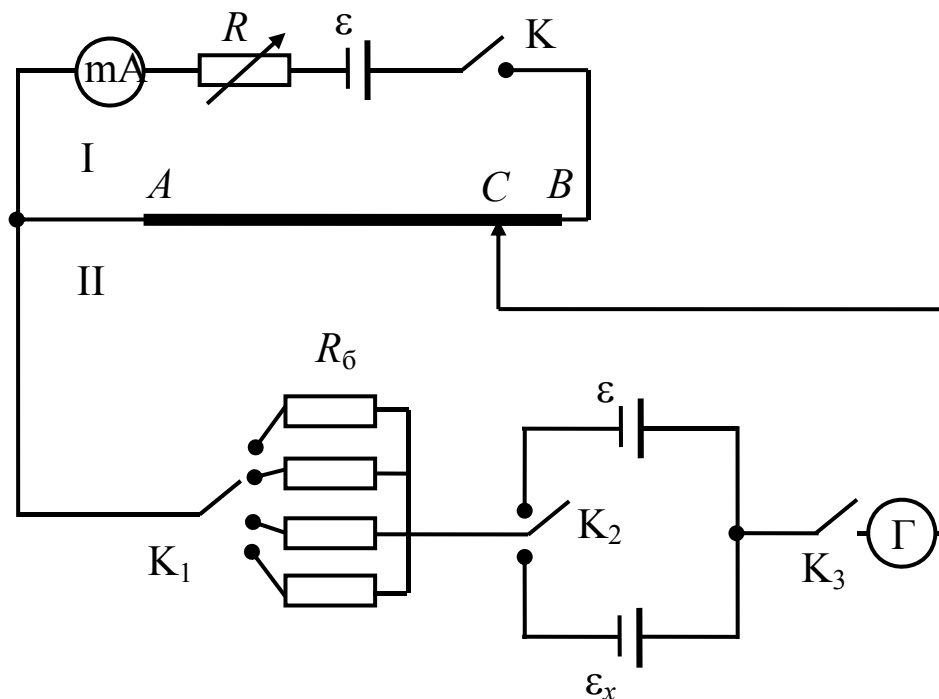


Рис. 3.2

Если переключить ключ K_2 на неизвестную ЭДС ε_x , то получим

$$\varepsilon_x = I R_{AC} = (I \rho l_x) / S. \quad (3.11)$$

Из (3.10) и (3.11) следует соотношение

$$\varepsilon_x = (\varepsilon_N l_x) / l_N. \quad (3.12)$$

Таким образом, процесс измерения неизвестной ЭДС сводится к измерению длины участков AC , падение напряжения на которых приводит к компенсации ЭДС ε_N и ε_x .

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Лабораторная установка (рис. 4.1) состоит из основания 1 с регулируемыми ножками 2, к которому крепятся блок питания 3 и стойка 4. На стойке 4 установлены два неподвижных кронштейна 5 и 6, к которым крепится нихромовый провод 7. Подвижный зажим 8 с контактом позволяет менять величину сопротивлений R_1 и R_2 (рис. 3.1). Длина провода отсчитывается по линейке 9, нанесённой на стойке 4.

На лицевой панели блока питания 3 расположены тумблер 10 включения установки в сеть, сигнальная лампочка 11, вольтметр 12, миллиамперметр 13, кнопки «мост-V-mA» (14) и «Сх1-Сх2» (15). Переменный резистор 16 служит для изменения силы тока через реохорд 7.

На верхнюю панель блока 3 выведены ключи K_1 , K_2 , K_3 (см. рис. 3.2) и гальванометр Г.

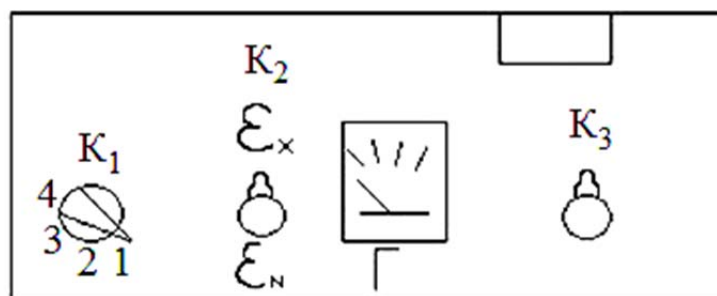
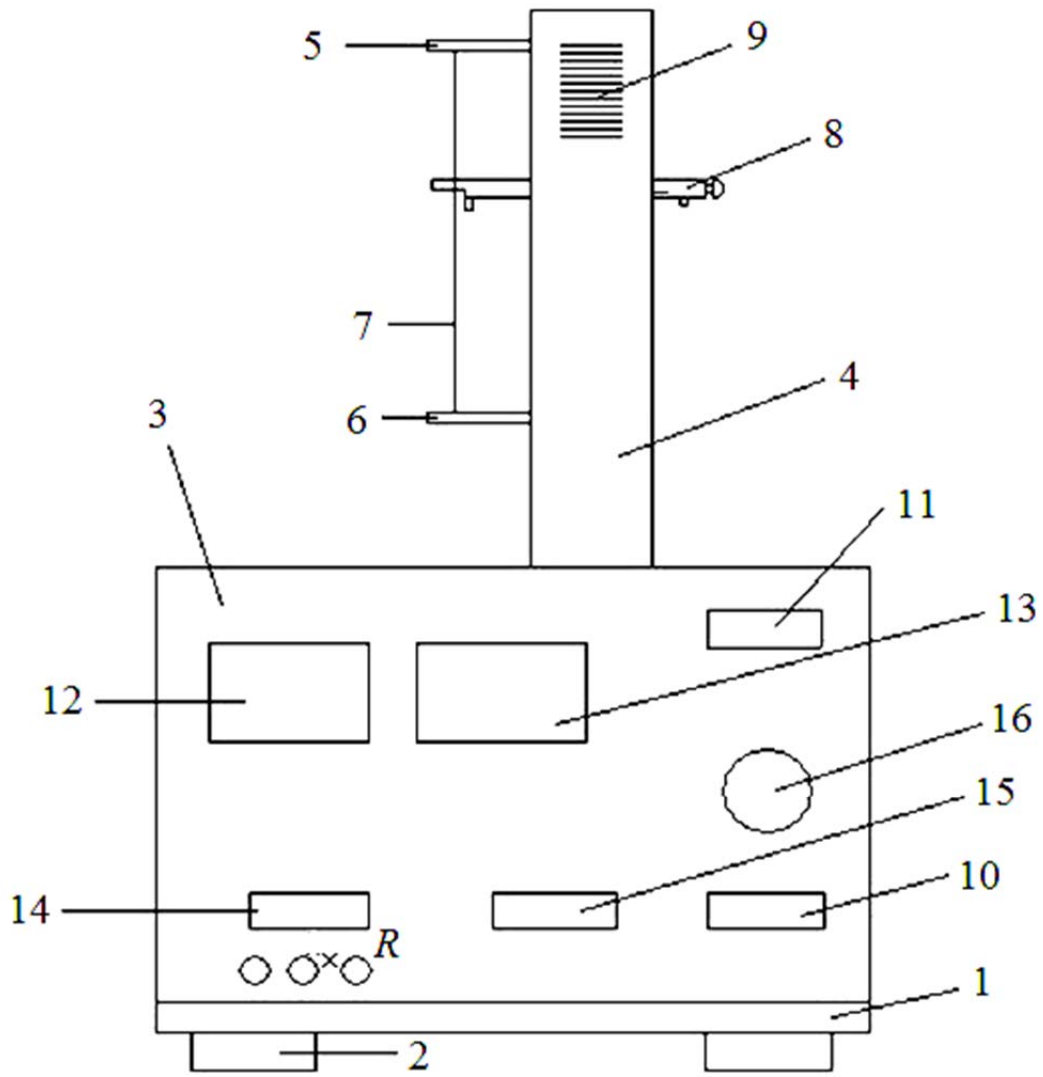


Рис. 4.1

5. ТРЕБОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Для электропитания лабораторной установки используется сетевое напряжение 220 В. Все токоведущие части установки, кроме реохорда, закрыты, что исключает их случайное касание.

При выполнении работы необходимо:

1. Внимательно ознакомиться с заданием и оборудованием.
2. Визуально проверить целостность изоляции токоведущих проводов.
3. Не оставлять без присмотра включенную лабораторную установку.
4. Не загромождать рабочее место посторонними предметами и оборудованием, не относящимся к выполняемой работе.
5. О замеченных неисправностях немедленно сообщить преподавателю.
6. По окончании работы отключить установку от сети, привести в порядок рабочее место.

6. ЗАДАНИЕ

Определить неизвестную ЭДС.

7. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

1. Нажать кнопку «V-mA» и отжать кнопку «Cx1-Cx2» на передней панели блока питания (рис. 4.1).
2. Установить галетный переключатель K_1 на верхней панели блока в положение 1 ($R_6 = 4$ кОм).
3. Установить ключ K_3 в вертикальное положение для отключения гальванометра, а ключ K_2 в положение «к себе» для включения в цепь источника с эталонной ЭДС $\varepsilon_N = 1,0183$ В.
4. Повернуть ручку регулировки силы тока на передней панели блока против часовой стрелки до упора.
5. Нажать на передней панели блока питания кнопку «сеть».
6. Установить зажим 8 (рис. 4.1) в верхней части реохорда 7. Определить его положение на стойке с помощью миллиметровой шкалы. Результат занести в графу l_N таблицы.
7. Установить ключ K_3 в положение «от себя», включив, таким образом, гальванометр в цепь.
8. Изменяя силу тока ручкой 16 (рис. 4.1), добиться нулевого показания гальванометра.

9. Установить галетный переключатель в положение 2 ($R_6 = 1,6 \text{ кОм}$), затем в положение 3 ($R_6 = 0,5 \text{ кОм}$), а затем в положение 4 ($R_6 = 0,0 \text{ кОм}$), каждый раз повторяя пункт 8.

10. Измерить силу тока по прибору 13 (рис. 4.1) и результат занести в графу I_N таблицы. В таблицу заносят только результат измерения в положении 4 ключа К1.

11. Установить ключ K_2 в положение «от себя», т.е. включить в цепь источник с неизвестной ЭДС ε_x .

12. Перемещая зажим 8, добиться нулевого показания гальванометра. Если это не удастся при том же значении силы тока, как получилось в п. 10, изменить силу тока. Полученные значения положения зажима 8 и силы тока занести в таблицу.

13. По окончании работы перевести ключи K_2 и K_3 в вертикальные положения.

14. Рассчитать величину ЭДС ε_x по формуле $\varepsilon_x = I_x \cdot l_x / I_N \cdot l_N$. Результат занести в таблицу.

15. Ключ K_2 вернуть в положение «к себе». Поставить зажим 8 в другое положение и проделать вновь пп. 6-14.

16. Повторить п. 15 с новым положением зажима 8.

17. Усреднить полученные значения измеренной ЭДС и определить абсолютную и относительную погрешности в определении неизвестной ЭДС. Результаты занести в таблицу.

Таблица

I_N	l_N	I_x	l_x	ε_x	$\Delta\varepsilon_x$	$\Delta\varepsilon_x/\varepsilon_x, \%$

Контрольные вопросы

1. Что называют электрическим током и каковы условия его существования?

2. Какие силы называют сторонними? В чем заключается их необходимость?

3. В чем состоит физический смысл напряжения на участке цепи?

4. Сформулируйте правила Кирхгофа. Для каких цепей они используются?

5. Объясните суть компенсационного метода измерения ЭДС. Почему он является наиболее точным?

Требования к содержанию и оформлению отчёта

Отчёт должен содержать:

1. Номер, название и цель работы.
2. Краткий конспект теоретической части, включая расчётные формулы.
3. Схематическое описание лабораторной установки и метода измерений.
4. Таблицу с результатами измерений и вычислений.
5. Вывод по результатам работы.

Критерии результативности выполнения лабораторной работы

Лабораторная работа считается выполненной, если студент:

- овладел теоретическими знаниями о переносе электрического заряда;
- правильно выполнил экспериментальную и расчетную части работы;
- составил отчет, соответствующий требованиям;
- сформулировал выводы о проделанной работе;
- грамотно ответил на все контрольные вопросы.

Список литературы

1. *Сивухин Д. В.* Общий курс физики. В 6 т., Т. 3. – М.: Наука, 2006.
2. *Савельев И. В.* Курс общей физики. В 4 т., Т. 2. – М.: КноРус, 2012.

Составитель ТРОФИМОВА Евгения Владимировна

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ
ИСТОЧНИКА ТОКА
КОМПЕНСАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Методические указания к лабораторной работе № 39
по дисциплине «Физика»

Подписано в печать 2015. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Печать плоская. Гарнитура Times New Roman Cyr.

Усл. печ. л. 1,1. Усл.-кр.-отг. 1,1. Уч-изд.л. 0,9.

Тираж 100 экз. Заказ №

ФГБОУ ВПО Уфимский государственный авиационный
технический университет

Редакционно-издательский комплекс УГАТУ

450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12