МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДАРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ-ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» В Г. ЗЕРНОГРАДЕ

Кафедра технической механики и физики

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ПРОГРАММАМ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Часть 4. Электромагнетизм

Зерноград - 2024

© Леонтьев Н.Г., Белоусов А.В.,
Гуриненко Л.А., Портаков А.Б.
© Азово-Черноморский
инженерный институт
ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2024

Об издании – 1,2
Содержание

Издается по решению методической комиссии
по специальностям среднего профессионального образования
социально-экономического и технического профиля
Азово-Черноморского инженерного института
ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»
в г. Зернограде.

Рецензенты:
кандидат технических наук, доцент Г.В. Степанчук
кандидат технических наук, доцент А.Б. Портаков

Леонтьев Н.Г. Лабораторный практикум по физике для обучающихся по программам СПО. [Электронный ресурс]: Часть 4. Электромагнетизм / Н.Г. Леонтьев, А.В. Белоусов, Л.А. Гуриненко, А.Б. Портаков. - Электронное издание. Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2024. – 21 с. – Режим доступа: Локальная сеть Библиотеки Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ.

Учебное пособие «Лабораторный практикум по физике для обучающихся по программам среднего профессионального образования Часть 4. Электромагнетизм» предназначено для студентов 1 курса СПО, обучающихся по специальностям 08.02.09, 21.02.19, 23.02.07, 35.02.05, 35.02.08, 35.02.16, 38.02.01, 38.02.08

Рекомендовано к изданию Методическим советом факультета среднего профессионального образования Протокол № 8 от 26.04.2024 г.

© Леонтьев Н.Г., Белоусов А.В.,
Гуриненко Л.А., Портаков А.Б.
© Азово-Черноморский
инженерный институт
ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2024

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 41 - СПО.....5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 42 - СПО.....8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 43 - СПО.....10
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 44 - СПО.....12
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 45 - СПО.....15
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 46 - СПО.....17

ВВЕДЕНИЕ

Критерием успешного освоения физики является умение использовать полученные знания на практике. Поэтому важно не только знать теоретический материал, но и уметь объяснить явления природы, проводить опыты и решать физические задачи.

Цель данного учебного пособия – приобщить студентов к самостоятельной творческой работе, в процессе которой они научатся анализировать физические явления, выделять главные факторы, определяющие, тот или иной физический процесс, выбирать метод решения задачи.

Учебное пособие предназначено для обучения по следующим специальностям: 08.02.09 - Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий, 21.02.05 - Земельно-имущественные отношения, 21.02.19 - Землеустройство, 23.02.07 - Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей, 35.02.08 - Электротехнические системы в агропромышленном комплексе (АПК), 38.02.01 - Экономика и бухгалтерский учет (по отраслям), 38.02.04 - Коммерция (по отраслям).

Часть четвертая «Электромагнетизм» содержит шесть лабораторных работ.

Учебное пособие полностью соответствует программе по физике для учреждений среднего профессионального образования. Оно может быть полезно также учащимся средних школ, лицеев и колледжей.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 41 - СПО

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРА И БАТАРЕИ КОНДЕНСАТОРОВ

Цель работы: определение ёмкости конденсатора и батареи из двух конденсаторов при их параллельном и последовательном соединении.

Приборы и принадлежности: лабораторный модуль «Определение емкости конденсаторов» УНЦ "Физтехприбор", источник питания (ИП), стрелочный микроамперметр.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Система, состоящая из двух проводников, разделенных слоем диэлектрика и расположенных на малом расстоянии друг от друга так, что электрическое поле заключено только в пространстве между проводниками, называется конденсатором. Простейшим является плоский конденсатор, состоящий из двух плоских параллельных друг другу проводящих пластин (обкладок), разделенных тонким слоем диэлектрика.

Конденсаторы количественно характеризуются электроемкостью. Электроемкость конденсатора численно равна отношению заряда q, находящегося на одной из обкладок, к разности потенциалов между этими обкладками

$$C = \frac{q}{U}. \qquad /41.1/$$

В большинстве случаев электроемкость не зависит ни от заряда обкладок, ни от разности потенциалов между обкладками. Электроемкость зависит от формы, размеров конденсатора, материала диэлектрика и его температуры.

Так емкость плоского конденсатора можно вычислить по формуле

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}, \qquad /41.2/$$

где S – площадь обкладок, а d – расстояние между обкладками, причем предполагается, что выполняется соотношение $\sqrt{S} >> d$.

Электроемкость цилиндрического конденсатора вычисляют по формуле:

$$C = \frac{2\pi\varepsilon\varepsilon_0 \ell}{\ln(r_2/r_1)}, \qquad /41.3/$$

где ℓ - длина образующей цилиндра; r_1 и r_2 – радиусы соответственно внутренней и внешней обкладок;

Несколько конденсаторов можно соединить в батарею. При параллельном соединении емкость батареи равна сумме емкостей каждого из конденсаторов

$$C = \sum_{i=1}^{n} C_i. \qquad /41.4/$$

При последовательном соединении емкость батареи рассчитывают по формуле

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{C_i}. \qquad /41.5/$$

Электрическая схема лабораторного модуля производства НПФ «Эклус» изображена на его передней панели (рис. 42а.1). Внутри лабораторного модуля смонтированы: поляризационное реле типа РПС-32А и два конденсатора. Конденсаторы подключаются к источнику питания с помощью гибких выводов со штекерами. К гнездам *"PA"* подключается микроамперметр. Один из гибких выводов подключён через поляризационное реле, а второй - непосредственно к источнику тока. Переменное питание от источника на реле подается через тумблер "РПС" и кнопку "К" с нормально разомкнутыми контактами.

В первую половину периода замыкаются контакты реле, через которое подается напряжение на гибкие выводы, и конденсатор заряжается. Контакты, в цепь которых включен микроамперметр, разомкнуты. Во вторую половину, периода размыкаются контакты реле, через которые подается напряжение на конденсатор, и замыкаются контакты, через которые к заряженному конденсатору подключается измерительный прибор. Этот процесс проходит с частотой питания обмотки поляризационного реле, равной 50 Гц.

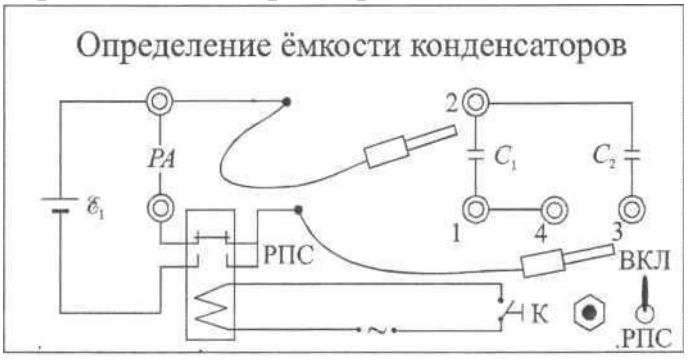


Рис. 42а.1

За период Т перезарядки конденсатора, через микроамперметр пройдёт заряд *Q*, величина которого благодаря подбору параметров конструктивных элементов измерительной схемы определяется по формуле

$$Q = IT = \frac{I}{\nu} \qquad /41.6/$$

Откуда

$$C = \frac{I}{U\nu} \qquad /41.7/$$

где ν=50 Гц - частота перезарядки конденсатора, равная частоте питания поляризационного реле.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Подсоедините к гнездам "*PA"* микроамперметр.
2. Подключите к лабораторному модулю источник питания ИП.'
3. Включите в сеть лабораторный модуль и источник питания.
4. Включите тумблер "РПС" на лицевой панели модуля.
5. Установите на источнике питания ИП напряжение *U*= 5 В - 10 В.
6. С помощью гибких выводов на панели лабораторного модуля подсоедините конденсатор емкостью C_1 к гнёздам 1 и 2 (рис. 42а.1).
7. Нажав и удерживая кнопку "К" в течение 3 - 4 с, измерьте среднее значение тока разряда конденсатора C_1.
8. Присоединить гибкие выводы к конденсатору C_2 (гнезда 2 и 3) и измерьте его ток разряда.

9. Присоедините гибкие выводы к гнездам 1 и 3 и измерьте ток разряда последовательно соединенных конденсаторов C_1 и C_2.
10. Закоротите гнезда 3 и 4 перемычкой, подсоедините гибкие выводы к гнездам 1 и 2 и измерьте ток разряда параллельно соединенных конденсаторов C_1 и C_2.
11. Результаты измерений занесите в таблицу результатов наблюдений.
12. Повторить пункты 1 - 6, изменяя напряжение на источнике ИП в диапазоне 5 - 10 В с шагом в 1 В.
13. По формуле /41.7/ рассчитайте ёмкости конденсаторов C_1 и C_2 и по формулам /41.4/ и /41.5/ их параллельного и последовательного соединений. Ёмкость вычисляйте с точностью до четвертой значащей цифры после запятой. Результаты расчета занесите в таблицу результатов наблюдений.

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

U, В	***I, C***	C_1	C_2	$C_{пос}$	$C_{пар}$
5	***I***, мкА				
	C, мкФ				
6	***I***, мкА				
	C, мкФ				
7	***I,*** мкА				
	C, мкФ				
8	***I***, мкА				
	C, мкФ				
9	***I***, мкА				
	C, мкФ				
10	***I***, мкА				
	C, мкФ				

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫЧИСЛЕНИЙ

N	*C ,мкФ*	ΔC_i , мкФ	$(\Delta C_i)^2$, мкФ^2
1			
2			
3			
4			
5			
6			

14. Рассчитайте среднее значение одной из измеряемых емкостей, абсолютную и относительную погрешности определения одной из ёмкостей по формулам /41.8/ и /41.9/. Результаты расчета занесите в таблицу результатов вычислений.

$$\Delta C_{ср.} = t_{\alpha,n} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta C_i^2}{n(n-1)}} \qquad /41.8/ \qquad \varepsilon_c = {}^{\Delta C_{ср.}}\!/_{C_{ср.}} \cdot 100\% \quad /41.9/$$

$C = ($ $\pm$ $)\cdot$мкФ, $\varepsilon_c =$ %.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение электроёмкости конденсатора. В каких единицах измеряется электроёмкость?
2. От чего зависит электроёмкость конденсатора?
3. Запишите формулу электроёмкости плоского конденсатора.
4. Запишите формулу электроёмкости цилиндрического конденсатора.
5. Запишите формулу для вычисления суммарной ёмкости батареи конденсаторов при их последовательном и параллельном соединении.
2. Выведите формулу для вычисления суммарной ёмкости батареи конденсаторов при их последовательном и параллельном соединении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для среднего профессионального образования / В.Ф. Дмитриева. –М., И.Ц. Академия, 2014. – 446 с. §9.10.
2. Мякишев Г.Я. Физика: учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев,, Н.Н. Сотский – М.: Просвещение, 2014. - § 97.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 42 - СПО.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКА

Цель работы: определить удельное сопротивление материала проводника.

Приборы и принадлежности: цифровой ампервольтомметр (мультиметр), катушка (обмотка реостата), штангенциркуль, линейка, соединительные провода.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Сопротивление R – это величина, характеризующая потери энергии при протекании тока по проводнику. Его размерность [R]=Ом. Сопротивление зависит от формы, размеров порводника, материала и его температуры. Сопротивление однородного проводника постоянного поперечного сечения можно определить по формуле

$$R = \rho \frac{l}{S}, \qquad /42.1/$$

где ρ - удельное сопротивление материала проводника, l - длина проводника, S – площадь поперечного сечения проводника. Измерив сопротивление, длину и площадь поперечного сечения проводника, можно рассчитать его удельное сопротивление по формуле

$$\rho = \frac{RS}{l}. \qquad /42.2/$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. С помощью мультиметра измерьте сопротивление ***R*** всей обмотки реостата. Измерения производите согласно инструкции, данной на рабочем месте. Данные занесите в таблицу результатов наблюдений.
2. Измерьте внешний диаметр витка ***D*** штангенциркулем и длину намотки реостата ***L*** линейкой. Измерения диаметра витка производите с точностью $\pm 0{,}1$ мм, а длины намотки - с точностью ± 1 мм. Данные занесите в таблицу результатов наблюдений.
3. Подсчитайте число витков ***N***. Данные занесите в таблицу результатов наблюдений.
4. Определите диаметр проволоки по формуле /42.3/

$$d = \frac{L}{N} \qquad /42.3/$$

5. Определите средний диаметр витка по формуле /42.4/. Результат вычислений занесите в таблицу результатов наблюдений.

$$D_{cp} = D - d\,. \qquad /42.4/$$

6. Определите удельное сопротивление проводника, из которого изготовлен реостат по формуле /42.5/

$$\rho = \frac{RL^2}{4D_{cp}N^3} \qquad /42.5/$$

7. Определите относительную погрешность удельного сопротивления проводника по формуле /42.6/

$$\varepsilon_\rho = \sqrt{\left[\frac{\Delta R}{R}\right]^2 + 4\cdot\left[\frac{\Delta L}{L}\right]^2 + \left[\frac{\Delta D}{D}\right]^2 + 9\cdot\left[\frac{\Delta N}{N}\right]^2}\,. \qquad /42.6/$$

8. Рассчитайте абсолютную погрешность измерения удельного сопротивления по формуле /42.7/

$$\Delta\rho = \rho\cdot\varepsilon_\rho\,. \qquad /42.7/$$

При вычислении относительной погрешности измерения удельного сопротивления примите:

$\frac{\Delta R}{R} = 0{,}005 = \pm 0{,}5$ % (относительная погрешность измерения сопротивления определяется по классу точности прибора);

$\Delta L = k_\alpha\frac{\delta}{3}$ - (абсолютная погрешность измерения линейкой $\delta = \pm 0{,}5$мм);

$\Delta D_{cp.} = \Delta D = k_\alpha\frac{\delta}{3}$ - (абсолютная погрешность измерения штангенциркулем $\delta = \pm 0{,}05$ мм);

$k_\alpha = 2$ - коэффициент Гаусса при надежности $\alpha = 0{,}95$; $\Delta N = \pm 1$ виток.

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

R, Ом	$\frac{\Delta R}{R}$	L, м	ΔL,м	$\frac{\Delta L}{L}$	D, 10^{-2}м	ΔD, 10^{-2}м	$\frac{\Delta D}{D}$	N	ΔN	$\frac{\Delta N}{N}$	D_{CP}, 10^{-2}м

9. Записать окончательный результат в виде

$$\rho = \rho_{cp} \pm \Delta\rho; \qquad \varepsilon_\rho = \ldots\ldots\%.$$

$\boldsymbol{\rho}$ = (±)·10^{-7} Ом·м, ε_ρ = %.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое сопротивление проводника? В каких единицах оно измеряется?
2. От чего зависит сопротивление проводника?
3. Запишите формулу для вычисления сопротивления однородного проводника постоянного сечения.
4. Что такое удельное сопротивление материала? В каких единицах оно измеряется?
5. Запишите формулу для вычисления сопротивления проводников при их последовательном и параллельном соединении.
6. Во сколько раз изменится сопротивление металлической проволоки постоянного сечения при ее прокатке, если ее диаметр уменьшится в n раз?

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для среднего профессионального образования / В.Ф. Дмитриева. –М., И.Ц. Академия, 2014. – 446 с. §10.4.
2. Мякишев Г.Я. Физика: учебник для 11 кл. общеобразовательных учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский – М.: Просвещение, 2014. - § 109.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 43 - СПО

ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Цель работы: определить удельное сопротивление материала проводника.

Приборы и принадлежности: цифровой ампервольтомметр (мультиметр), катушка, термометр, соединительные провода.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Сопротивление R – это величина, характеризующая потери энергии при протекании тока по проводнику и численно равная напряжению, при котором сила тока в проводнике равна единице. Его размерность [R]=Ом.

При нагревании металлов возрастает средняя скорость хаотического движения электронов. В результате увеличивается частота столкновений свободных электронов с ионами и сопротивление металлов возрастает с увеличением температуры. Зависимость сопротивления металлов от температуры описывается линейной функцией

$$R = R_0(1+\alpha t), \qquad /43.1/$$

где R – сопротивление проводника при температуре t^0C; R_0 - сопротивление при 0^0C; α - температурный коэффициент сопротивления.

Температурный коэффициент сопротивления численно равен относительному изменению сопротивления при нагревании проводника на 1 К

$$\alpha = \frac{\Delta R}{R\Delta T}. \qquad /43.2/$$

Размерность температурного коэффициента сопротивления в системе СИ $[\alpha]=К^{-1}$.

В данной работе с помощью мультиметра определяется сопротивление катушки металлической проволоки при различной температуре. Используя измеренные значения сопротивления R и температуры t, строят график зависимости R= f(t). Прямую проводят через экспериментальные точки таким образом, чтобы она наилучшим образом соответствовала этим точкам. На прямой выбирают две точки с координатами (R_1,t_1) и (R_2,t_2). Для этих значений справедливы соотношения:

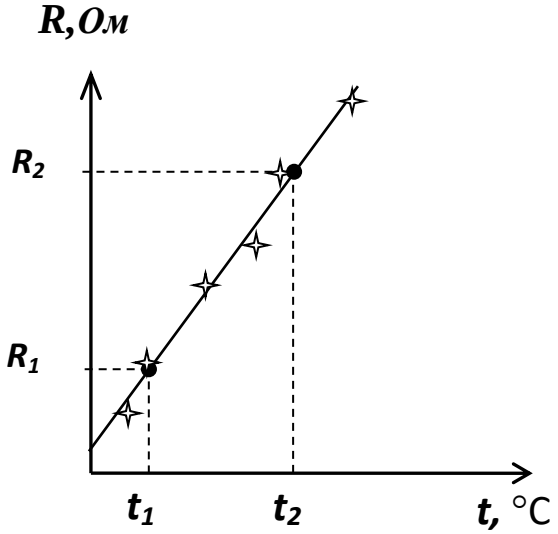


Рис.43.1. Вид графика ***R=f(t)***

$$R_1 = R_0(1+\alpha t_1) \quad \text{и} \quad R_2 = R_0(1+\alpha t_2), \qquad /43.3/$$

из которых вытекает

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1}. \qquad /43.4/$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Опустите в термостат исследуемый проводник и термометр. Когда показания термометра и мультиметра перестанут изменяться, измерьте температуру термометром и сопротивление проводника при данной температуре. Значения сопротивления проводника и температуру запишите в таблицу 1 результатов наблюдений.
2. Включите нагреватель и поднимите температуру в термостате на 4-6 ^{0}C. Измерьте вновь сопротивление и температуру. Повторите измерения 7…10 раз. Значения сопротивления проводника и температуру запишите в таблицу 1 результатов наблюдений.
3. Постройте график зависимости *R=f(t)* (см. примерный вид графика представлен на рис.1).
4. Рассчитайте величину температурного коэффициента сопротивления по формуле /43.4/ по координатам двух точек, взятых на графике *R=f(t)*.

$$\alpha = \qquad \cdot 10^{-3}\ К^{-1}.$$

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

№ п.п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
t^0,C												
R, Ом												

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое сопротивление проводника? В каких единицах оно измеряется?
2. Запишите формулу для вычисления сопротивления однородного проводника постоянного сечения?
3. Что такое удельное сопротивление материала? В каких единицах оно измеряется?
4. Запишите формулы и нарисуйте графики зависимости сопротивления и удельного сопротивления металлических проводников от температуры.
5. Каков физический смысл температурного коэффициента сопротивления? В каких единицах измеряется температурный коэффициент сопротивления?
6. От чего зависит удельное сопротивление проводника?
7. От чего зависит отрезок, отсекаемый графиком зависимости сопротивления от температуры на оси сопротивлений. Какими технологическими приемами его можно увеличить, уменьшить?
8. От чего зависит угол наклона графика зависимости сопротивления металла от температуры? Как его можно изменить?
9. Объясните причины зависимости сопротивления металлов от температуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для среднего профессионального образования / В.Ф. Дмитриева. –М., И.Ц. Академия, 20014. – 446 с. §10.5.
2. Мякишев Г.Я. Физика: учебник для 11 кл. общеобразовательных учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский –М.: Просвещение, 2014. - § 101.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 44 - СПО

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕДАЧИ МОЩНОСТИ И КПД В ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цель работы: экспериментальное исследование зависимости полной, полезной мощности и КПД источника тока от отношения сопротивления нагрузки и источника.

Приборы и принадлежности: экспериментальная установка, состоящая из миллиамперметра, вольтметра, источника тока, набора сопротивлений.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Источник тока, нагруженный на внешнее сопротивление (рис.44.1), создает в цепи ток, определяемый по закону Ома для замкнутой цепи

$$I = \frac{E}{R + r}, \qquad /44.1/$$

где E – ЭДС источника тока; R – сопротивление нагрузки; r – внутреннее сопротивление источника тока.

Для замкнутой цепи постоянного тока характерны следующие закономерности. Полная мощность, выделяемая во всей цепи

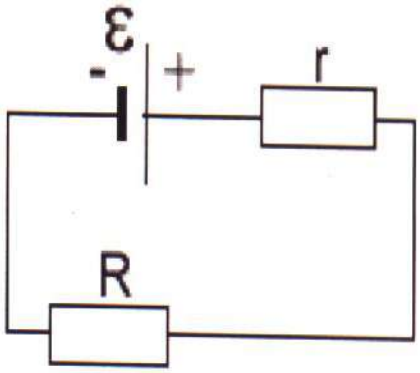


Рис.44.1

$$P = \frac{A}{t} = E \cdot I = \frac{E^2}{R + r}. \qquad /44.2/$$

В нагрузке на сопротивлении R выделяется только часть этой мощности, называемая полезной мощностью $P_П$

$$P_n = U \cdot I = I^2 R = \frac{E^2}{(R + r)^2} \cdot R = \frac{E^2}{R + r} \cdot \frac{R}{R + r}, \qquad /44.3/$$

Отношение полезной мощности $P_П$ к полной мощности, развиваемой источником в цепи, называется коэффициентом полезного действия (КПД) источника тока η

$$\eta = \frac{P_n}{P} = \frac{R}{R + r}. \qquad /44.4/$$

Из формул /44.2/, /44.3/, /44.4/ видно, что P, $P_П$, η зависят от соотношения между сопротивлениями R и r, то есть R/r.

Полная мощность, развиваемая источником тока, максимальна при коротком замыкании (R = 0); в этом случае она равна

$$P_{\max} = P_{кз} = \frac{E^2}{r}. \qquad /44.5/$$

При коротком замыкании вся мощность выделяется в самом источнике и оказывается бесполезной.

Полезная мощность минимальна и равна нулю при R = 0 и R=∞; можно показать, что она достигает максимума при R=r и равна $P_{П\ max}$=$E^2/4r$. Следовательно максимальная полезная мощность в 4 раза меньше максимальной полной мощности. Согласно /44.4/ КПД составляет η = 0,5 (т.е. 50%).

Напряжение на нагрузке $U_н$ определяется выражением

$$U = IR = \frac{E}{R + r} R. \qquad /44.6/$$

Из него следует, что U=E при $R \to \infty$ и U = 0 при коротком замыкании.

Сила тока в цепи максимальна при коротком замыкании $I_{кз}$=E/r и монотонно убывает до 0 при R=∞ (разомкнутая цепь).

Схема установки для исследования цепи постоянного тока представлена на рис. 44.2. Переключателем $К_1$ источники $Е_1$ и $Е_2$ с различными ЭДС и внутренними сопротивлениями могут быть поочередно подключены к сопротивлению нагрузки R.

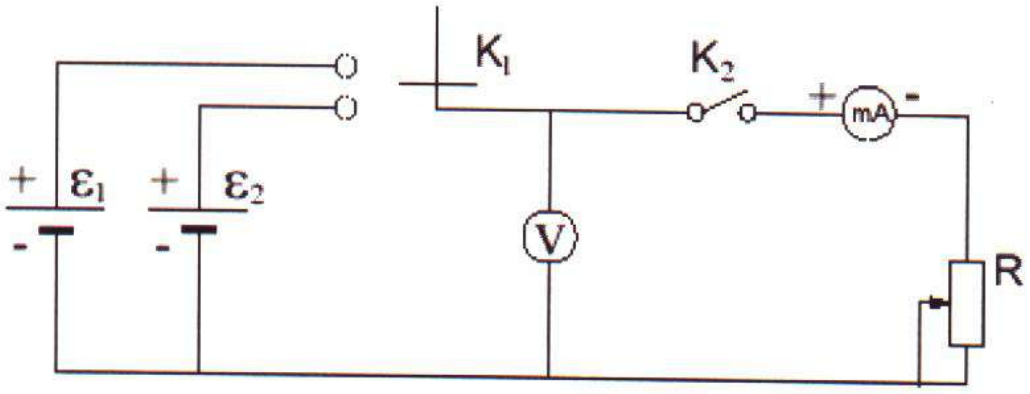


Рис.44.2

Силу тока I и напряжение U на сопротивлении R измеряют миллиамперметром (мА) и вольтметром (V). Режим разомкнутой цепи осуществляется переключателем $К_2$.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Соберите и проверьте схему (рис.44.2).
2. Измерьте ЭДС E_1, включив ключ $К_1$ при разомкнутом ключе $К_2$.
3. Подключите к источнику ЭДС E_1 нагрузку R и, варьируя R от наименьшего до наибольшего значения, измерьте силу тока I и напряжение нагрузки U. Данные записать в таблицу результатов наблюдений.
4. Вычислите для каждого значения силы тока I и напряжения U значения R по закону Ома ($R=U/I$), P, $P_П$ и η по формулам /44.2/,/44.3/,/44.4/ и занесите их в таблицу результатов наблюдений.
5. По измеренным для двух значений R величинам тока вычислить внутреннее сопротивление источника тока r с помощью формулы, вытекающей из /44.1/

$$r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2}. \qquad /44.7/$$

6. Для каждого опыта найдите отношение R/r.
7. Постройте на одном рисунке зависимости P, $P_П$ и η от отношения R/r.
8. По построенным графикам определить $Р_{П\,max}$ и $Р_{к.з.}$

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

U, B	*E*			
I(А)	0			
R (Ом)	∞			
R/r				
P(Вт)				
$P_П$(Вт)				
η				

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение силы тока, электродвижущей силы источника, падения напряжения, разности потенциалов.
2. Что понимают под сторонними силами и какова их роль в цепи постоянного тока?
3. Постройте график КПД источника тока от величины внешнего сопротивления. Чему равен предельный КПД источников тока.
4. Напишите выражения для полной и полезной мощности в электрической цепи.
5. При каком условии полезная мощность, выделяемая в цепи, максимальна? Чему она равна?
6. Сформулируйте закон Джоуля-Ленца и запишите его математическое выражение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для среднего профессионального образования / В.Ф. Дмитриева. –М., И.Ц. Академия, 2014. – 446 с. §10.3-10.11.
2. Мякишев Г.Я. Физика: учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский – М.: Просвещение, 2014. - § 104-106.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 45 - СПО

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛЬТ – АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ЗАВИСИМОСТИ МОЩНОСТИ ОТ НАПРЯЖЕНИЯ НА ЛАМПЕ НАКАЛИВАНИЯ

Цель работы: экспериментальное исследование вольт–амперной характеристики и зависимости мощности от напряжения на лампе накаливания.

Приборы и принадлежности: лампы накаливания различной мощности, амперметр, вольтметр, ЛАТР.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Из закона Ома для однородного участка цепи вытекает, что ток I в лампе накаливания прямо пропорционален приложенному напряжению U

$$I = \frac{U}{R}, \qquad /45.1/$$

где R – сопротивление лампы накаливания.

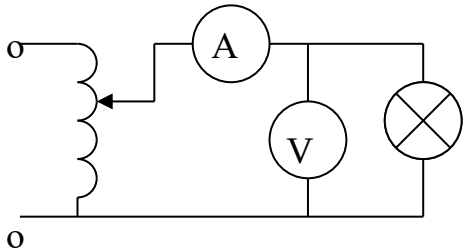


Рис.45.1

Амперметр измеряет не только ток, протекающий через лампу, но и ток, протекающий через вольтметр (рис.45.1). Истинный ток через лампу вычисляется с учетом сопротивления вольтметра:

$$I_{Л} = I - \frac{U}{R_V}. \qquad /45.2/$$

Вольт–амперная характеристика лампы накаливания нелинейная, что объясняется зависимостью сопротивления от температуры

$$R=R_0(1+\alpha t), \qquad /45.3/$$

где R – сопротивление при температуре t°C; R_0 – сопротивление при 0°C;

α - температурный коэффициент сопротивления. В свою очередь, температура нити лампы накаливания зависит от выделяющейся в ней электрической мощности, а, следовательно, от приложенного напряжения. Поэтому сопротивление зависит от приложенного напряжения. Так, сопротивление лампы накаливания номинальной мощностью 40 Вт изменяется от R=88,6 Ом при комнатной температуре до 1224 Ом при напряжении на лампе 240 В. Значения сопротивления лампы вычислены по формуле

$$R_Л = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}}. \qquad /45.4/$$

Из закона Джоуля–Ленца вытекает, что электрическая мощность, выделяющаяся в лампе равна

$$P_Л = \frac{U^2}{R_Л}. \qquad /45.5/$$

Используя /45.4/ получим

$$P_Л = U(I - \frac{U}{R_V}). \qquad /45.6/$$

Зависимость мощности, выделяемой на лампе, от приложенного напряжения также отличается от квадратичной. Причины этого также связаны с изменением сопротивления при увеличении температуры.

Схема установки для исследования цепи постоянного тока представлена на рис.45.1. Она состоит из лабораторного автотрансформатора (ЛАТРа), амперметра (А) и подключенного параллельно лампе накаливания вольтметра (V).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Соберите и проверить схему (рис.45.1).
2. Определите цену деления амперметра и вольтметра.
3. Изменяя величины подаваемого напряжения ЛАТРом, измерьте величину тока и напряжения для 10÷15 значений напряжения. Данные записать в таблицу результатов наблюдений.

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

U, В										
I, А										
R, Ом										
$I_Л$, А										
$R_Л$, Ом										
$P_Л$, Вт										

5. Вычислите для каждого значения силы тока I и напряжения U значения тока через лампу $I_Л$ по формуле /45.2/, сопротивления лампы $R_Л$ по формуле /45.4/ и

мощности, выделяемой на лампе $P_Л$ по формуле /45.6/. Данные занесите в таблицу результатов наблюдений. По полученным данным построить графики $I_Л = f(U)$, $R_Л = f(U)$ и $P_Л = f(U)$. Убедиться в том, что все эти графики нелинейные.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение силы тока, падения напряжения, сопротивления. В каких единицах они измеряются?
2. Запишите формулу закона Ома для однородного участка цепи.
3. Запишите формулу электрической мощности.
4. Запишите формулы тока, сопротивления и мощности на лампе с учетом сопротивления вольтметра.
5. Постройте график КПД источника тока от величины внешнего сопротивления. Чему равен предельный КПД источников тока?
6. Каковы причины нелинейности вольт–амперной характеристики лампы накаливания?

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для среднего профессионального образования / В.Ф. Дмитриева. –М., И.Ц. Академия, 2014. – 446 с. §10.3, 10.5, 10.7, 10.10, 10.11.
2. Мякишев Г.Я. Физика: учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский. – М.: Просвещение, 2014. - § 101, 104, 105, 106.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 46 - СПО

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Цель работы: ознакомиться с одним из методов определения напряженности магнитного поля Земли.

Приборы и принадлежности: тангенс-гальванометр, амперметр, реостат, источник постоянной ЭДС, переключатель.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Земля представляет собой огромный магнит, полюса которого лежат вблизи географических полюсов. Величину проекции индукции земного магнитного поля $\boldsymbol{B}$ на горизонтальную плоскость называют горизонтальной составляющей магнитного поля Земли $\mathbf{B}_s$. Направление этой составляющей принимается за направление магнитного меридиана в данной точке, а вертикальная плоскость, проходящая через него, называется плоскостью магнитного меридиана . Магнитная стрелка, которая может вращаться лишь около вертикальной оси, будет отклонятся в горизонтальной плоскости только под действием горизонтальной составляющей магнитного поля Земли.

Эти свойства магнитной стрелки используются в тангенс-гальванометре для определения $\mathbf{B}_s$. Тангенс-гальванометр (рис.46.1) представляет собой плоскую вертикальную катушку К. В центре катушки, в горизонтальной плоскости расположена магнитная стрелка. При отсутствии тока в катушке магнитная стрелка установится вдоль магнитного меридиана Земли N-S. Поворотом катушки около вертикальной оси можно добиться совмещения плоскости катушки с плоскостью магнитного меридиана. Если после такой установки катушки по ней пропустить ток, то магнитная стрелка повернется на некоторый угол α. Объясняется это тем, что на магнитную стрелку будут действовать два поля: горизонтальная составляющая индукции поля Земли $\mathbf{B}_s$ и поле, созданное током катушки с индукцией $\mathbf{B}_к$. Под действием этих полей магнитная стрелка займет положение равновесия, при котором равнодействующая двух полей будет совпадать с линией, соединяющей полюса стрелки. На рис.46.1 NS – направление магнитного меридиана Земли, вдоль которого устанавливается первоначально магнитная стрелка, помещенная в центре катушки. Магнитное поле, создаваемое катушкой с током в ее центре (вектор $\mathbf{B}_к$) направлено перпендикулярно к плоскости витков вдоль оси катушки. Из рис.46.1 видно, что $tg\alpha = B_К / B_З$. Следовательно

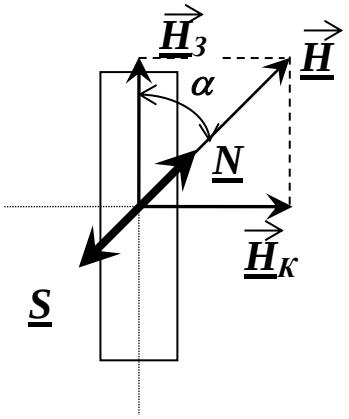


Рис.46.1

$$B_З = B_К / tg\alpha . \qquad /46.1/$$

Величина индукции поля $\mathbf{B}_к$, созданного в центре плоской катушки из N круговых витков с током, находящихся в воздухе, равна:

$$B_К = \frac{\mu_0 IN}{2r}, \qquad /46/2/$$

где I - ток, текущий в катушке, r - радиус витка катушки, N – число витков, μ_0 – магнитная постоянная.

Индукция магнитного поля в катушке с числом витков N вычисляется по формуле /46.3/ с учетом числа витков. Подставляя значение $B_к$ в формулу /46.1/, получим:

$$B_З = \frac{\mu_0 IN}{2rtg\alpha}. \qquad /46.3/$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1.Соберите электрическую цепь по схеме, показанной на рис.46.2

2.Поворачивая тангенс-гальванометр, установите плоскость катушки в плоскости магнитного меридиана.

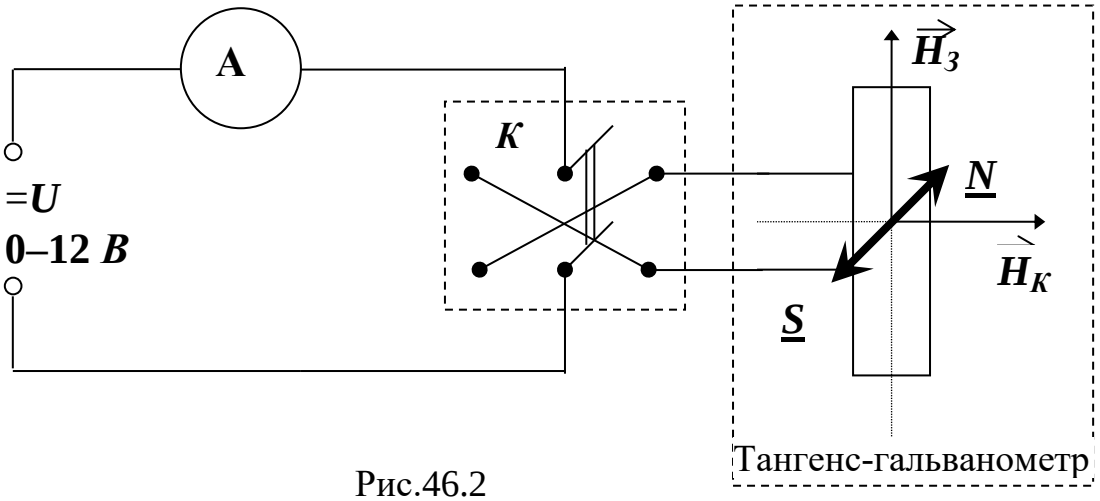


Рис.46.2

3. При помощи движка реостата установите заданное значение тока и измерьте значение угла α_1 положения стрелки гальванометра с точностью до половины углового градуса.

4. При помощи переключателя К измените направление тока в катушке. Определить угол отклонения α_2 при той же величине тока. Величину тока и величины углов α_1 и α_2 занесите в таблицу результатов наблюдений.

5. Повторите опыт по п.п.3,4 при различных значениях тока 5-6 раз. Данные занесите в таблицу результатов наблюдений.

6. Вычислите значения $\alpha_1+\alpha_2$. В случае существенного (на величину более 2 угловых градусов) отличия какого-либо значения такой суммы от остальных, проверить соответствующие величины α_1 и α_2.

7. Постройте график зависимости $tg\alpha=f(I)$. Убедитесь в том, что $tg\alpha$ зависит от тока прямо пропорционально.

8. Вычислите величины B_3 по формуле /46.3/ для каждого значения тока. Найдите среднее значение $B_{3\,CP}$.

9. Рассчитайте средние абсолютную и относительную погрешности измерения горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли по формулам /46.4/ и /46.5/

$$\Delta B_3 = tg(\alpha, n)\sqrt{\frac{\sum \Delta B_i^2}{n(n-1)}}. \qquad /46.4/ \quad \text{и} \quad \varepsilon_3 = \frac{\Delta B_3}{B_{3CP}} \qquad /46.5/$$

Значение надежности выберите α=0.95 или по заданию преподавателя.

α= , $t_{\alpha,n}$= . Результаты записать в таблицу результатов наблюдений.

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

n_i	I, A	α_1	α_2	$\alpha_1+\alpha_2$	$\alpha = \frac{\lvert\alpha_1-\alpha_2\rvert}{2}$	tgα	B_i, А/м	ΔB_i, А/м	ΔB_i^2, $А^2/м^2$

10.Окончательный результат записать в виде:

$$B_З = B_{СР} \pm \Delta B_З \text{ А/м;} \qquad \varepsilon_N = \frac{\Delta B_З}{B_З} 100\%.$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое индукция магнитного поля. В каких единицах измеряется индукция магнитного поля в системе СИ?
2. Как определяется направление вектора индукции магнитного поля?
3. Запишите формулы для вычисления индукции кругового тока, отрезка прямого тока, соленоида.
4. Сформулируйте принцип суперпозиции для индукции магнитного поля.
5. Дайте определение линиям индукции магнитного поля. Сформулируйте правило определения направления линий индукции магнитного поля. Нарисуйте линии индукции магнитного поля кругового тока, отрезка прямого тока, соленоида.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для среднего профессионального образования / В.Ф. Дмитриева. –М., И.Ц. Академия, 2014. – 446 с. §12.1, 12.2.
2. Мякишев Г.Я. Физика: учебник для 11 кл. общеобразовательных учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин. – М.: Просвещение, 2014. - § 1.

Учебное издание

Леонтьев Николай Георгиевич
канд. физ. мат. наук, доцент
Белоусов Александр Васильевич
канд. физ. мат. наук, доцент
Гуриненко Людмила Александровна
канд. техн. наук, доцент
Портаков Александр Борисович
канд. техн. наук, доцент

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ПРОГРАММАМ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Часть 4. Электромагнетизм

Редакция авторская

Объём ЭИ: 0,876 Мб.
Формат ЭИ: Portable Document Format (PDF).

© Азово-Черноморский инженерный институт
ФГБОУ ВО Донской ГАУ
347740, г. ЗЕРНОГРАД Ростовской области, ул. Ленина,21.