**Лабораторная работа № 1.**

**Измерение удельного сопротивления проводников**

 **Цель работы:** опытное определение удельного сопротивления проводников. Определение материала проводника по его удельному сопротивлению.

 **Приборы и оборудование:**

 1. Амперметр,

 2. Вольтметр,

 3. Микрометр,

 4. Измеритель длины,

 5. Проводники из различных материалов – 3 шт.



Рис.1

**Основы теории**

Поток зарядов, переносимых через единицу поверхности называется *током проводимости.* Если q – заряд каждой частицы, то переносимый в единицу времени через элемент площади полный заряд или количество электричества равен

  (1)

где n – концентрация зарядов,

  – средняя скорость зарядов.

 Произведение

  называется *вектором плотности тока*. (2)

 Потоком вектора  через поверхность *S* называется сумма

  (3)

 При малых  эта сумма превращается в интеграл

  (4)

 Данный интеграл называют *силой тока*.

 При наличии тока внутри проводника есть электрическое поле и наблюдаются движущиеся заряды. Плотность тока в этом случае зависит от напряженности электрического поля внутри проводника и обратно пропорциональна некоторому коэффициенту ρ, который зависит только от свойств проводника и называется его *удельным сопротивлением.*

  (5)

 Эту запись принято называть *дифференциальной записью* закона *Ома.*

 Величина сопротивления проводника зависит от формы и размеров проводника, а также от свойств материала, из которого он сделан. Для однородного цилиндрического проводника

  где (6)

  - длина проводника;

  - площадь поперечного сечения проводника;

  - удельное электрическое сопротивление проводника.

 Таким образом, удельное сопротивление проводника можно измерить, используя формулу

  (Ом·м), или (7)

  (8)

 Формулы (7) и (8) используем для измерения и вычисления удельного сопротивления проводника.

**Порядок выполнения работы**

 1. Определяю цену деления приборов.

 2. Определяю приведенную погрешность приборов γ, равную классу точности приборов.

 2. Беру первый проводник длиной 0,5м и измеряю диаметр его поперечного сечения.

 3. Определяю показания амперметра и вольтметра.

 4. Повторяю измерения по пунктам 2,3 для второго и третьего проводников.

 Полученные данные заношу в таблицу 1.

**Обработка результатов опытов**

1. Вычислю площадь поперечного сечения проводников.

  (9)

 2. Вычисляю сопротивления проводников Rx по формуле (6).

 3. Вычисляю удельное сопротивление проводников ρ по формуле (7).

 4. Вычисляю абсолютные погрешности измерения тока () и напряжения  по формуле

  (10)

где  - конечные значения диапазона измерения приборов.

 Абсолютные погрешности диаметра (d) и длины проводника определяю как половину цены деления штангенциркуля (Δd=0,025 мм) и линейки (Δ*l*=0.5 мм).

 5. Вычисляю относительные погрешности измерения приборов по формуле:

  (11) где *x* – измеренное значение величины. Значения также выражаю в процентах.

 6. По методике определения погрешностей косвенных измерений из формулы (7) можно получить

  (12)

Вычисляю это значение.

 7. Вычисляю абсолютную погрешность измерения удельного сопротивления по формуле

  (13)

 8. Записываю результат измерения удельного сопротивления:

  (14)

 Полученные данные заношу в таблицу 2.

 9. По таблице 3 определяю материал проводников.

 10. По результатам опытов сделать вывод о зависимости силы тока от сечения и материала проводника.

Таблица 1

|  |  |
| --- | --- |
| № проводника | Измерить |
| Диаметр, d (мм) | Длина, l (м) | Напряжение, U (В) | Сила тока, I (A) | Класс точности приборов, % |
|  |  |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |

Таблица 2

|  |
| --- |
| № провод-ника |
| Удель-ное сопро-тивле-ниепро-водни-ка,ρОм·м | Относительная погрешность измерения, ед | Абсо-лют-ная по-греш-ность, Δρ(Ом·м) | Результат измерений и вычислений Ом·м | Материал по таблице 3 (соответствие) |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

 Таблица 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Материал | Удельное сопротивление ρ (Ом·м) | Материал | Удельное сопротивление ρ (Ом·м) |
| Алюминий | 2,7·10-8 | Медь | 1,68·10-8 |
| Вольфрам | 5,3·10-8 | Никелин | 4,2·10-7 |
| Железо | 9,9·10-8 | Никель | 7,3·10-8 |
| Константан | 4,7·10-7 | Нихром | 1,05·10-6 |
| Латунь | 6,3·10-8 | Фехраль | 1,1·10-6 |
| Манганин | 3,9·10-7 |  |  |

**Вопросы для самоконтроля:**

 1. Содержание настоящей работы.

 2. Для чего необходимо знать удельное сопротивление проводника?

 3. От чего зависит удельное сопротивление проводника?

 4.Длину и диаметр проводника увеличили в два раза. Как изменится сопротивление проводника?

 5. Зависит ли сопротивление катушки, изготовленной из медного провода, от величины приложенного к ней напряжения?

 6. Какими опытными и конструктивными данными необходимо располагать, чтобы определить длину мотка провода, не разматывая его?

**Лабораторная работа № 2.**

**Исследование зависимости мощности, потребляемой лампа накаливания, от напряжения на ее зажимах**

 **Цель работы:** практическая проверка закона Джоуля – Ленца, практическое определение зависимости мощности от величины тока и напряжения.

 **Приборы и оборудование:**

1. Электрическая лампа,

 2. Реостат ,

 3. Амперметр,

 4. Вольтметр,

 5. Омметр.



Рис.1

**Основы теории**

 В случае, когда проводник неподвижен и химических превращений в нем не совершается, работа тока затрачивается на увеличение внутренней энергии проводника, в результате чего проводник нагревается, т.е. при протекании тока в проводнике выделяется тепло.

  (1)

  - работа тока;

  - количество теплоты, выделяющейся в проводнике;

  - напряжение на проводнике;

  - сила тока;

  - время прохождения тока.

 Заменив в соответствии с законом Ома U через RI, получим формулу

  (2)

 Соотношение (2) было экспериментально установлено Джоулем и, независимо от него, Ленцем и носит название *закона Джоуля – Ленца*.

 Так как величина равная величине работы, совершаемой за единицу времени,

  то (3)

  (4)

 Анализ выражения (4) показывает, что Р является функцией двух переменных.

 Так как, в данном случае, вся теплота расходуется на изменение внутренней энергии проводника, то, соответственно, изменяется и его температура

  где (5)

  -сопротивление нити накала при нормальных условиях;

  - сопротивление нагретой нити;

 α - температурный коэффициент сопротивления, для вольфрама α = 0,005 К-1.

 Учитывая небольшую погрешность, за R0 принимаем сопротивление нити лампы при комнатной температуре.

**Порядок выполнения работы**

 1. Определяю цену деления приборов.

 2. Определяю приведенную погрешность приборов γ, равную классу точности приборов.

3. Омметром измеряю сопротивление нити лампы при комнатной температуре (=60 Ом).

 4. С помощью реостата устанавливаю минимальное значение напряжения. Снимаю показания измерительных приборов.

 5. Постепенно выводя реостат, снимаю 3 раза показания измерительных приборов.

 Результаты измерений заношу в таблицу 1.

**Оформление результатов опытов**

 1. Для каждого значения напряжения по формуле (4) определяю мощность, потребляемую лампой, сопротивление нити накала по формуле  температуру по формуле (5).

 2. Вычисляю абсолютную погрешность приборов по формуле

  (6)

где  - конечное значение диапазона измерения приборов.

 3. Вычисляю относительную погрешность измерения приборов (для каждого опыта) по формуле

  (7) где *x* – измеренное значение величины.

 4. Вычисляю относительную погрешность измерения по формуле

  (8)

 5. Вычисляю абсолютную погрешность измерения по формуле

  (9)

 6. Записываю результат измерений (для каждого опыта) в виде

  (10)

 Полученные данные заношу в таблицу 2.

 7. Строю графики зависимости 

 8. Анализирую графики и делаю выводы о данных зависимостях.

Таблица 1

|  |  |
| --- | --- |
| № опыта |  |
| Напряжение, U (B) | Сила тока, I (A) | Cопротивление, Rt (Ом) | Класс точности приборов, % |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |

Таблица 2

|  |  |
| --- | --- |
| № опыта | Вычислить |
| Мощ-ность, Р (Вт) | Соп-ротив-ление, Rt (Ом) | Темпера-тура нити, t () | Абсолютная погрешность приборов | Относитель-ная погреш-ность прибо-ров | Отно-ситель-ная по-греш-ность | Абсо-лют-ная по-греш-ность,, (Вт) | Истинное значение мощности, РИ, (Вт) |
| А, (А) | V, (В) | А, (%) | V, (%) |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Вопросы для самоконтроля:**

 1. Содержание настоящей работы.

2. Какое из изученных явлений приводит к увеличению сопротивления данного проводника?

 3.Какой из проводов одинакового диаметра и из одного итого же материала, но разной длины, сильнее нагреется при одном и том же токе?

 4. Как изменится количество теплоты, выделяющейся в нагревательном приборе, при ухудшении контакта в штепсельной розетке?

**Лабораторная работа № 3.**

**Проверка на опыте закона Ома**

 **Цель работы:** практическое определение зависимости силы тока от напряжения и сопротивления цепи.

 **Приборы и оборудование:**

1. Амперметр,

 2. Вольтметр,

 3. Ползунковый реостат,

 4. Ламповый реостат.



Рис.1

**Основы теории**

 Георг Ом экспериментально установил закон, согласно которому сила тока, текущего по однородному металлическому проводнику, пропорциональна падению напряжения U на проводнике и обратно пропорциональна сопротивлению R проводника:

  (1)

Это закон Ома для участка цепи.

 Обозначенная в формуле (1) буквой R величина является электрическим сопротивлением проводника. Единицей сопротивления служит Ом, равный сопротивлению такого проводника, в котором при напряжении в 1В течет ток силой 1А. Величина, обратная сопротивлению  называется проводимостью.

 Величина сопротивления зависит от формы и размеров проводника, а также от свойств материала, из которого он сделан. Для однородного цилиндрического проводника

  где (2)

 l – длина проводника;

 S – площадь поперечного сечения проводника; ρ – зависящий от свойств материала коэффициент, называемый удельным электрическим сопротивлением вещества. В данной работе это уравнение не используется.

 Целью настоящей работы является исследование уравнения (1), т.е. доказательство на опыте, что сила тока прямо пропорциональна напряжению (I**~U)** и обратно пропорциональна сопротивлению (I~).Всоответствии с целью работы устанавливаем и порядок выполнения работы.

**Порядок выполнения работы**

 I. Исследование и доказательство зависимости I~U. В данных исследованиях сопротивление (R) цепи должно быть постоянным, поэтому количество включенных ламп остается одинаковым (постоянным).

 1. Приведенную на схеме (рис.1) электрическую цепь, собранную на стенде, включаю в низковольтную электрическую сеть (~12 В).

 2.Включаю две лампочки (ключами К) и с помощью реостата (R) устанавливаю наименьшее напряжение, регистрируемое вольтметром (например, 3 В).

 3. С помощью реостата (R) увеличиваю напряжение (U) и регистрирую значение силы тока (I). Данные заношу в таблицу 1 и строю по ним график зависимости IотU. (Приведенные в таблице и на графике числовые значения показаны для примера. Каждый студент должен получить свои значения).

Таблица 1 ( при R=const).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Напряжение, U, В | 3 | 4 | 5 | 5,5 | 7,0 |
| Сила тока, I, А | 2,5 | 3,2 | 3,7 | 4,0 | 5,0 |



**Рис2.**

Зависимость силы тока (I)от напряжения(U)

 Вывод по части I:Сила тока (I) прямо пропорциональна напряжению (U).

 II. Исследование и доказательство зависимости I~.

В данных исследованиях должно быть постоянным напряжение (U).

 1. Так же, как в части I, ключами К включаю две лампочки (например 1 и 2) и с помощью реостата (R) устанавливаю наименьшее напряжение, регистрируемое вольтметром (например, 3 В).

 2. Включаю поочередно две другие лампочки, и с помощью реостата (R) в каждом случае поддерживаю постоянное напряжение U=3 В. В каждом случае регистрирую силу тока (I) и вычисляю сопротивление цепи . Данные заношу в таблицу и строю по ним графики зависимостей I от R и I от . (Данные – для примера).

Таблица 2 (при U=3В=const)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № опыта | 1 | 2 | 3 |
| Сила тока, I, A | 2,5 | 3,75 | 5,0 |
| Сопротивление, , Ом | 1,2 | 0,8 | 0,6 |
| Величина ,  | 0,83 | 1,25 | 1,67 |



 Рис.3 Рис.4

Зависимость тока (I) от сопротивления (R). Зависимость тока (I) от .

 Вывод по части II: Сила тока линейно зависит от величины (проводимости) или обратно пропорциональна сопротивлению проводника(R).

 Вывод по всей работе. Обобщая вывод по части I: I~U и вывод по части II: I~, получаю:, т.е. закон Ома для участка цепи: сила тока прямо пропорциональна напряжению (U) и обратно пропорциональна сопротивлению цепи (R).

**Вопросы для самоконтроля:**

 1. В чем состоит закон Ома?

 2. Как изменяется сила тока в цепи при изменении напряжения?

 3. Как изменится сила тока при изменении сопротивления?

 4. Содержание настоящей работы.

 5. Что называется классом точности измерительного прибора?

 6. Определить класс точности применяемых приборов.

**Лабораторная работа № 4.**

**Параллельное соединение проводников и проверка первого закона Кирхгофа**

 **Цель работы:** практическая проверка первого закона Кирхгофа.

 **Приборы и оборудование:**

1. Вольтметр,

 2. Амперметр – 4 шт.,

 3. Ламповый реостат.



Рис.1

**Основы теории**

Первый закон Кирхгофа относится к узлам электрической цепи.

 Узлом называется точка, в которой сходятся более чем два проводника.

 Первый закон Кирхгофа гласит, что алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле, равна нулю, или сумма токов подходящих к узлу, равна сумме токов отходящих от узла (рис.2).

  или  (1)

******

Рис.2

 Ток, текущий к узлу, принимается со знаком «-», а ток, текущий от узла - со знаком «+».

 Это правило вытекает из уравнения непрерывности, т.е., в конечном счете, из закона сохранения заряда:

 Для замкнутого проводника алгебраическая сумма токов, текущих через окружающую узел воображаемую замкнутую поверхность (т.е. поток вектора j), должна быть равен нулю.

 При параллельном соединении сопротивлений напряжения на ветвях цепи одинаковы

  (2)

 Исходя из закона Ома

  (3)

 Отсюда, общее сопротивление цепи

  (4).

**Порядок выполнения работы**

 1. Определяю цену деления приборов.

 2. Определяю приведенную погрешность приборов γ, равную классу точности приборов.

 3. При включенных трех лампах провожу замер напряжения и силы токов. Повышая напряжение с помощью реостата, провожу: подобные измерения в трех опытах. Данные измерений заношу в таблицу 1.

Таблица 1.

|  |  |
| --- | --- |
| № опыта | Измеренные величины |
| U, В | I, А | I1, A | I2, A | I3, A | А | Класс точности приборов, (%) |
|  |  |  |  |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

 4. Вычисляю абсолютные погрешности измерения токов() по формуле

  (5)

где  - максимальное значение шкалы каждого амперметра. Результаты заношу в таблицу 2.

Таблица 2

|  |
| --- |
| Данные вычислений для анализа |
| № опыта | 1 | 2 | 3 |
| Абсолютная погрешность  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

 5. Провожу анализ результатов измерений для заполнения таблицы 2 и проверки выполнения первого правила Кирхгофа по следующей методике:

Если просто сравнивать значения токов по формуле (1), то чаще всего они не совпадут, поэтому такое сравнение провожу с учетом погрешностей. Из формулы (1) получаю:

 

 , или

  (6) здесь  

 Данные представляю в виде значений на осях:



Рис.3

 Если интервалы по рисунку перекрываются (АВ – перекрытие, АВ>0), то , правило Кирхгофа выполняется и наоборот.

 6. По результатам работы делаю вывод о выполнении первого закона Кирхгофа.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Содержание настоящей работы.

2. Как влияет на сопротивление всей цепи параллельное включение сопротивлений?

 3. Как изменяется сила тока в цепи при увеличении числа параллельных ветвей?

 4.В чем состоит первый закон Кирхгофа?

 5. Как определяются знаки членов уравнений, составленных по первому закону Кирхгофа?

**Лабораторная работа № 5.**

**Измерение индуктивности методом ваттметра**

 **Цель работы:** опытное определение индуктивности, индуктивного и полного сопротивления цепи.

 **Приборы и оборудование:**

 1. Ваттметр,

 2. Вольтметр,

 3. Амперметр,

 4. Реостат,

 5. Катушка индуктивности.



Рис.1

**Основы теории**

 Если цепь, обладающая активным сопротивлением R и индуктивностью L, находится под переменным напряжением, то в любой момент времени это напряжение состоит из двух слагаемых:

  (1)

 Первое из них  называется *активной составляющей*, а второе  *- индуктивной составляющей*.

 Деление физической величины на составляющие представляет собой удобный вычислительный прием, вытекающий из уравнения (1). Из того же уравнения следует, что явления, происходящие в катушке, те же, что и в цепи, состоящей из последовательно соединенных сопротивления R и индуктивности L.

 Если в рассматриваемой цепи проходит синусоидальный ток

  (2)

то активная составляющая напряжения

 

а индуктивная составляющая

  (3)

 Согласно уравнению (1) амплитудные значения составляющих напряжения 

 и , а их действующие значения  и 

 Величина

  (4)

называется *индуктивным сопротивлением*.

 Амплитуда напряжения в цепи

 , (5) а действующее значение

 . (6) Таким образом, напряжения U, Ua и UL связаны между собой таким же соотношением, как и стороны прямоугольного треугольника напряжений (рис 2).



Рис.2

 Подставляя в уравнение (5) составляющие напряжения через произведения тока и сопротивлений, получаем:

  (7)

 Величина

  (8) называется *полным сопротивлением* цепи.

 Графически полное сопротивление цепи z изображают гипотенузой прямоугольного треугольника сопротивлений (рис 3).



Рис.3

 Произведение действующих значений напряжения и тока называется *полной мощностью*

  (9)

 Активная, реактивная и полная мощности графически изображаются сторонами прямоугольного треугольника мощностей, так как эти мощности связаны соотношением

  или  (10)

 Треугольник мощностей можно получить из треугольника напряжений, умножив все его стороны на величину силы тока (рис. 4).



Рис.4

 Из треугольника мощностей можно определить *коэффициент мощности*

  (11)

**Порядок выполнения работы**

 1. Определяю цену деления приборов.

2. Изменяя положение реостата, снимаю 5 показаний приборов.

 Результаты измерений заношу в таблицу 1.

**Оформление результатов опытов**

 1. Вычисляю величину полного сопротивления цепи по формуле 

 2. Вычисляю величину полной мощности цепи по формуле (9).

 3. Вычисляю величину реактивной мощности цепи по формуле 

 4. Вычисляю коэффициент мощности по формуле (11) и определяю угол сдвига фаз φ.

 5. Вычисляю величину индуктивного сопротивления цепи по формуле 

 6. Вычисляю величину индуктивности по формуле 

 Результаты вычислений заношу в таблицу 1.

 7. Строю графики зависимости L = f(I) и L=f(P).

 8. По результатам работы делаю выводы о зависимости индуктивности от тока и активной мощности.

Таблица 1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № опыта | Измерить | Вычислить |
| Р, (Вт) | U, (B) | I, (A) | z, (Ом) | S, (BA) | QL, (BAp) | cosφ | φ, (град.) | xL, (Ом) | L, (мГн) |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Вопросы для самоконтроля:**

 1. Что называется индуктивностью?

 2. От каких величин зависит индуктивность?

 3. Каковы особенности цепи переменного тока с индуктивным сопротивлением и в чём смысл индуктивной мощности?

 4. Содержание настоящей работы.

Таблица 2

**Тригонометрические функции**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Углы** | sin | Cos | tg | Углы | sin | cos | tg |
| 0123456789101112131415161718192021222324252627282930313233343536373839404142434445 | 0,00000,01750,03490,05230,06980,08720,10450,12190,13920,15640,17360,19080,20790,22500,24190,25880,27560,29240,30900,32560,34200,35840,37460,39070,40670,42260,43840,45400,46950,48480,50000,51500,52990,54460,55920,57360,58780,60180,61570,62930,64280,65610,65910,68200,69470,7071 | 1,0000,99980,99940,99860,99760,99620,99450,99250,99030,98770,98480,98160,97810,97440,97030,96590,96130,95630,95110,94550,93970,93360,92720,92050,91350,90630,89880,89100,88290,87460,86600,85720,84800,83870,82900,81920,80900,79860,78800,77710,76600,75470,74310,73140,71930,7071 | 0,00000,01750,03490,05240,06990,08750,10510,12280,14050,15840,17630,19440,21260,23090,24930,26790,28670,30570,32490,34430,36400,38390,40400,42450,44520,46630,48770,50950,53170,55430,57740,60090,62490,64940,67450,70020,72650,75360,78130,80980,83910,86930,90040,93250,96571,0000 | 464748495051525354555657585960616263646566676869707172737475767778798081828384858687888990 | 0,71930,73140,74310,75740,76600,77710,78800,79860,80900,81920,82900,83870,84800,85720,86600,87460,88290,89100,89880,90630,91350,92050,92720,93360,93970,94550,95110,95630,96310,96590,97030,97440,97810,98160,98480,98770,99030,99250,99450,99620,99760,99860,99940,99981,000 | 0,69470,68200,66910,65610,64230,62930,61570,60180,58780,57360,55920,54460,52990,51500,50000,48480,46950,45400,43840,42260,40670,39070,37460,35840,34200,32560,30900,29240,27560,25880,24190,22500,20790,19080,17360,15640,13920,12190,10450,08720,06980,05230,03490,01750,0000 | 1,0361,0721,1111,1501,1921,2351,2801,3271,3761,4281,4831,5401,6001,6641,7321,8041,8811,9362,0502,1452,2462,3562,4752,6052,7472,9043,0783,2713,4873,7324,0114,3314,7055,1455,6716,3147,1158,1449,51411,43 14,3019,0828,6457,29 |

**Лабораторная работа № 6.**

**Определение электродвижущей силы и внутреннего сопротивления источника электрической энергии**

 **Цель работы:** опытным путем определить электродвижущую силу и внутреннее сопротивление источника электрической энергии

 **Приборы и оборудование:**

 1. Источник электрической энергии,

 2. Реостат,

 3. Амперметр,

 4. Вольтметр,

 5. Ключ.



Рис.1

**Основы теории**

. Для того чтобы существовал непрерывный перенос зарядов по замкнутому контуру, внутри проводника должно быть некоторое поле сил, действующих на способные к перемещению заряды. Это поле характеризуется вектором напряженности, постоянным в любом сечении проводника и направленном вдоль его оси. Так как ток проходит и через источник электрической энергии, то и на этом участке присутствуют силы, приводящие в движение заряды. Эти силы получили название *сторонних.*

Сторонние силы – это силы, действующие не на всей электрической цепи, а только внутри источника тока и производящие разделение зарядов внутри источника тока. Это силы неэлектрического происхождения. В промышленных электромагнитных генераторах – это магнитные силы, в гальванических элементах (Вольта) – это химические силы: цинк – « - », раствор – «+».

 *Электродвижущая сила – ЭДС* представляет собой отношение работы сторонних сил при разделении зарядов внутри источника тока к величине этих зарядов (только одного знака):

 ε =  (1)

Эта работа  в электрической цепи превращается в работу электрического поля вдоль замкнутой цепи:

  (2) и поэтому может быть выражена через электрические величины: 

 Закон Ома для полной (замкнутой) цепи можно рассмотреть на примере «открытого» гальванического элемента (рис.2).



Рис.2

 Два электрода опущены в водный раствор серной кислоты. Химическая реакция идет на цинке. Цинк заряжается отрицательно, раствор – положительно. Медный электрод не взаимодействует с раствором и нужен лишь для того чтобы «снять» напряжение с другого полюса источника. R – внешнее сопротивление; UR – падение напряжения на нем; r – внутреннее сопротивление; Ur – падение напряжения на нем. Исходя из (2) получим закон Ома для полной цепи: , с учетом (1):

  (3)

  (4)

  (5)

  - (6)

это закон Ома для полной (замкнутой) цепи.

 Очень важной формулой является формула (4). Из нее выходит, что как бы не менялись  и , их сумма всегда остается равной ε.Это свойство используется для определения ЭДС. Если  уменьшать, увеличивая внешнее сопротивление, то , то есть вольтметр, имеющий большое сопротивление, подключенный к полюсам источника тока, покажет напряжение равное ε.

 Формула (5) используется для определения внутреннего сопротивления (r) и ЭДС (ε) в данной лабораторной работе.

**Порядок выполнения работы**

 1. При разомкнутом ключе снимаю показания вольтметра и определяю электродвижущую силу источника электрической энергии.

 2. Замыкаю ключ и снимаю показания амперметра и вольтметра.

 3. Опыт 2 повторяю три раза при различных положениях подвижного контакта реостата.

 Данные измерений заношу в таблицу 1.

**Оформление результатов опытов**

 1. Составляю систему уравнений

  (7)

 2. Подставляю данные, полученные при измерениях, в систему уравнений и нахожу значения внутреннего сопротивления источника 

 3. Вычисляю среднее значение внутреннего сопротивления источника

  (8)

 4. Вычисляю абсолютную погрешность  (9)

 5. Вычисляю среднюю абсолютную погрешность  (10)

 6. Вычисляю относительную погрешность  (11)

 Результаты вычислений заношу в таблицу 1.

 7. Делаю выводы о зависимости величины внутреннего сопротивления от тока в цепи.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | ε, В | U, B | I, A | r, Ом | Δr, Ом | δ, % |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |
| Среднее значение |  |  |  |  |

 8. Записываю результаты для ЭДС и внутреннего сопротивления в виде:

 

**Вопросы для самоконтроля**

1. Содержание настоящей работы.

 2. Запишите выражение закона Ома для полной цепи и его производные.

 3. Что такое электродвижущая сила?

 4. Почему ЭДС источника измеряется при разомкнутой цепи?

 5. Почему имеется внутреннее сопротивление у источника тока?

**Лабораторная работа № 7**

**Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления, индуктивности и емкости**

 **Цель работы:** исследование последовательного колебательного контура и резонанса напряжений.

 **Приборы и оборудование:**

 1. Вольтметр – 4 шт.,

 2. Амперметр,

 3. Реостат,

 4. Катушка индуктивности,

 5. Магазин емкостей.



Рис.1

**Основы теории**

 Если в цепи с активным сопротивлением R, индуктивностью L и емкостью С проходит синусоидальный ток

  (1)

то напряжение на активном сопротивлении будет:

  (2)

 а напряжение на индуктивности:

  (3)

и напряжение на емкости:

  (4)

(Можно использовать и функцию косинуса для описания процессов в цепи переменного тока.)

 Амплитуды этих напряжений

  (5)

и их действующие значения

  (6)

 Мгновенное значение напряжения на зажимах цепи равно сумме трех составляющих: активной, индуктивной и емкостной

  (7)

 Напряжение на емкости изменяется в противофазе с напряжением на индуктивности, и их алгебраическая сумма называется *реактивной составляющей напряжения*:

  (8)

 Таким образом, мгновенное значение напряжения источника (напряжение на зажимах цепи) будет:

  (9)

 Амплитуда этого напряжения

  (10)

а действующее значение

  (11)

 Векторные диаграммы напряжения приведены на рис. 2.



 xL≥xC xL≤xC

Рис.2

 Полное сопротивление цепи

  (12)

 Угол сдвига фаз может быть определен через тангенс, синус и косинус.

  (13)

  (14)

  (15)

 При равенстве реактивных сопротивлений  в цепи наступает резонанс напряжений.

 Таким образом, при резонансе

  или  (16)

 Угловая (или циклическая) резонансная частота

 . (17)

 Полное сопротивление цепи при резонансе

  (18)

то есть, полное сопротивление цепи при резонансе равно ее активному сопротивлению.

 Так как индуктивное и емкостное сопротивления равны, то будут равны и напряжения на индуктивности и конденсаторе, при этом ток при неизменном действующем значении напряжения имеет наибольшее значение. Напряжения на индуктивности и емкости тоже возрастают. Поэтому последовательный резонанс называют резонансом напряжений.

 Так как реактивное сопротивление цепи равно нулю, то ток при резонансе совпадает по фазе с напряжением, то есть угол сдвига фаз φ = 0.

 Векторная диаграмма напряжений при резонансе приведена на рис.3.



Рис.3

**Порядок выполнения работы**

 1. Изменяя величину емкости магазином емкостей, добиваюсь равенства показаний вольтметров V3 и V4, т.е. резонанса в последовательной цепи.

 2. Регистрирую показания приборов.

 3. Изменяя емкость магазина емкостей, снимаю показания приборов еще для 4 случаев.

 Результаты измерений заношу в таблицу 1.

**Оформление результатов опытов**

 1. По формулам (13), (14) вычисляю tgφ и cosφ.

 2. По таблицам определяю угол сдвига фаз φ.

 Результаты вычислений заношу в таблицу 1.

 3. Строю векторные диаграммы для случаев xL>xC, xL=xC , xL<xC.

 4. По результатам работы делаю выводы о причинах неполного соответствия теории и результатов опытов.

 Таблица 1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № опытов | Измерить | Вычислить |
| U, B | I, A | Ua, B | UL, B | UC, B | tgφ | cosφ | φ, град. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 2

**Тригонометрические функции**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Углы** | sin | Cos | tg | Углы | sin | cos | tg |
| 0123456789101112131415161718192021222324252627282930313233343536373839404142434445 | 0,00000,01750,03490,05230,06980,08720,10450,12190,13920,15640,17360,19080,20790,22500,24190,25880,27560,29240,30900,32560,34200,35840,37460,39070,40670,42260,43840,45400,46950,48480,50000,51500,52990,54460,55920,57360,58780,60180,61570,62930,64280,65610,65910,68200,69470,7071 | 1,0000,99980,99940,99860,99760,99620,99450,99250,99030,98770,98480,98160,97810,97440,97030,96590,96130,95630,95110,94550,93970,93360,92720,92050,91350,90630,89880,89100,88290,87460,86600,85720,84800,83870,82900,81920,80900,79860,78800,77710,76600,75470,74310,73140,71930,7071 | 0,00000,01750,03490,05240,06990,08750,10510,12280,14050,15840,17630,19440,21260,23090,24930,26790,28670,30570,32490,34430,36400,38390,40400,42450,44520,46630,48770,50950,53170,55430,57740,60090,62490,64940,67450,70020,72650,75360,78130,80980,83910,86930,90040,93250,96571,0000 | 464748495051525354555657585960616263646566676869707172737475767778798081828384858687888990 | 0,71930,73140,74310,75740,76600,77710,78800,79860,80900,81920,82900,83870,84800,85720,86600,87460,88290,89100,89880,90630,91350,92050,92720,93360,93970,94550,95110,95630,96310,96590,97030,97440,97810,98160,98480,98770,99030,99250,99450,99620,99760,99860,99940,99981,000 | 0,69470,68200,66910,65610,64230,62930,61570,60180,58780,57360,55920,54460,52990,51500,50000,48480,46950,45400,43840,42260,40670,39070,37460,35840,34200,32560,30900,29240,27560,25880,24190,22500,20790,19080,17360,15640,13920,12190,10450,08720,06980,05230,03490,01750,0000 | 1,0361,0721,1111,1501,1921,2351,2801,3271,3761,4281,4831,5401,6001,6641,7321,8041,8811,9362,0502,1452,2462,3562,4752,6052,7472,9043,0783,2713,4873,7324,0114,3314,7055,1455,6716,3147,1158,1449,51411,43 14,3019,0828,6457,29 |

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Содержание настоящей работы.

 2.Каковы особенности неразветвленной цепи переменного тока с R, L и С?

 3. Что представляет собой последовательный колебательный контур и чему равна частота собственных колебаний?

 4. Опишите условия и особенности резонанса напряжений.

 5. Каковы понятия активной и реактивной составляющих вектора напряжения?

 6. Как практически можно определить режим резонанса напряжений в цепи переменного тока?

 7. Чему равен коэффициент мощности(cos φ) при резонансе напряжений?