**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

**Электроника и электронная техника**

**для специальности**

**1. ВВЕДЕНИЕ**

Методические указания по выполнению лабораторных работ и практических занятий разработаны на основе рабочей программы дисциплины «электроника», предназначено для закрепления теоретических знаний и приобретения необходимых практических умений и навыков для специальности **11.02.16 «Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронного оборудования и устройств»**

Основными целями лабораторных работ являются:

-экспериментальное подтверждение изученных теоретических положений;

-экспериментальная проверка формул, расчетов;

-ознакомление с методикой проведения экспериментов, исследований.

В процессе выполнения данных практических и лабораторных работ от студента требуется: закрепить теоретический материал, получить практические навыки в составлении электрических схем и подборе измерительной аппаратуры для опыта, овладеть техникой экспериментального исследования, а также приобрести навыки анализа результатов на основании полученных данных.

Данное методическое пособие имеет определенную структуру и состоит из лабораторной и практической работы. Каждая работа включает в себя: -номер по порядку; -тему работы; -цель работы;

-вопросы для самопроверки.

-перечень необходимого оборудования для выполнения экспериментальной части работы;

-порядок выполнения работы с пошаговым описанием всех действий студента; -конкретизацию выводов по работе; -контрольные вопросы.

При выполнении работ схемы, таблицы, графики рекомендуется выполнять только карандашом с применением чертежных инструментов.

При вычерчивании схем должны соблюдаться стандартные обозначения.

После успешного выполнения лабораторной работы студент обязан представить преподавателю отчет о проделанной работе в письменном виде, который должен содержать следующие пункты: -номер лабораторной работы; -тема работы; -цель работы; -оборудование; -схема опыта;

-таблица измерений и вычислений; -основные расчетные формулы; -выводы; -ответы на контрольные вопросы.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**Практическая работа №1**

**Изучение правил эксплуатации амперметра, вольтметра**

**Цель:** ознакомиться с устройством, назначением и основными характеристиками измерительной аппаратуры; научится измерять пределы измерения амперметра и вольтметра.

**Оборудование:**

**- для опыта № 1:** источник постоянного тока - 30 В; реостат - 200 Ом; набор  
добавочных резисторов; вольтметр образцовый класса точности 0,2; вольтметр для  
расширения пределов шкалы;

**- для опыта № 2:** источник постоянного тока - 12 В; реостат - 200 Ом; набор шунтов;  
амперметр образцовый класса точности 0,2; амперметр для расширения пределов шкалы.

ЛС НТЦ -07 “ТОЭ”.

**Вопросы для самопроверки:**

* измерительные приборы и их классификация;
* принцип работы измерительного прибора магнитоэлектрической системы;
* схемы включения амперметра и вольтметра в цепь;
* пределы измерения приборов;
* понятие добавочного сопротивления и шунта, их назначение.

**Порядок выполнения**

1. Определить размещение приборов на столе.

**Опыт № 1:**

Напряжение источник: U = 30 B.

1. С помощью мультиметра измерить внутреннее сопротивление вольтметра.
2. Рассчитать величину сопротивления добавочного резистора:

**Rдоб = RV (m - 1); m = U*/*UV*,***

где Rдоб - сопротивление добавочного резистора; RV - сопротивление экспериментального вольтметра; m - добавочный множитель; U - максимальное изменяемое напряжение; UV - предел измерения экспериментального вольтметра.

4. Предъявить расчеты для проверки преподавателю.

5. Собрать электрическую цепь согласно предложенной схеме (рис.1)

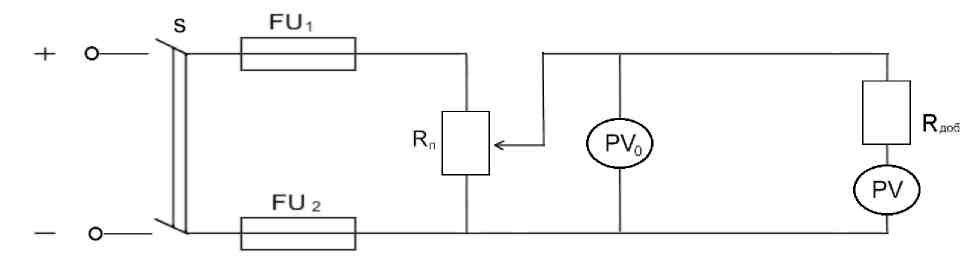


Рис.1 Принципиальная схема включения вольтметра в цепи

1. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.
2. Включить источник питания и произвести необходимые измерения, результаты которых занести в табл. 1.

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ опыта** | **Измерено** | | **Вычислено** |
| **U*к,* В** | **Uэ, В** | U, B |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

1. Отключить источник питания.
2. Произвести необходимые расчеты по формулам:

U = К - UЭ,

где U - поправка; К - напряжение контрольного вольтметра; UЭ - напряжение экспериментального вольтметра.

1. Расчеты занести в табл. 1.
2. При помощи реостата уменьшить исходное напряжение.
3. Повторить пункты 7-10.
4. Разобрать электрическую цепь.

**Опыт № 2:**

Напряжение источник: U = 12 B.

1. С помощью мультиметра измерить внутреннее сопротивление амперметра.
2. Рассчитать величину сопротивления шунта:

**RШ = RA / (n - 1); n = I/IA,**

где RШ - сопротивление шунта; RA - сопротивление экспериментального амперметра; n -шунтирующий множитель; IA - предел измерения для экспериментального амперметра; I - максимальная измеряемая сила тока (1 А).

1. Предъявить расчеты для проверки преподавателю.
2. Собрать электрическую цепь согласно предложенной схеме (рис. 2).
3. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.

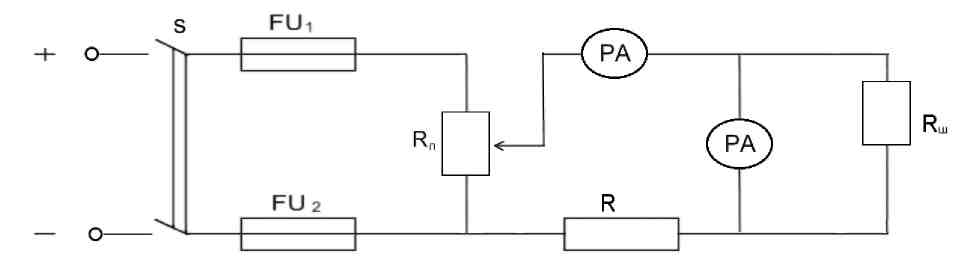


Рис. 2 Принципиальная схема включения амперметра в цепи

19. Включить источник питания и произвести необходимые измерения, результаты которых занести в табл.2.

Таблица 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ опыта** | **Измерено** | | **Вычислено** |
| **U*к,* В** | **Uэ, В** | ДU, B |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

1. Отключить источник питания.
2. Произвести необходимые расчеты по следующей формуле:

где I - поправка; IК - напряжение контрольного вольтметра; IЭ - напряжение экспериментального вольтметра.

1. Расчеты занести в табл. 2.
2. При помощи реостата изменить исходное напряжение сети.
3. Повторить пункты 19-22.
4. Разобрать электрическую цепь.
5. На основании опытных данных и расчетов сделать выводы:

* как просчитывается добавочное сопротивление (сопротивление шунта) при прочих известных параметрах;
* как определяется действительное напряжение (ток) в цепи, если известны показания измерительного прибора и поправка.

**Контрольные вопросы**

1. Почему для расширения пределов измерения вольтметра используют добавочные сопротивления (последовательное соединение), а для расширения пределов измерения амперметра - шунты (параллельное соединение)

**Лабораторная работа №1**

**Проверка закона Ома для участка цепи**

**Цель:** экспериментально проверить 2-й закон Кирхгофа, прививать навыки измерения электрических величин

**Оборудование:** комбинированный измерительный прибор Ц4342 или 43101, инструкционные карты, стенд К4682; ЛС НТЦ -07 “ТОЭ”.

**Вопросы для самопроверки:**

-электрическая цепь, её элементы и их назначение;

-параметры электрической цепи;

-закон Ома для участка цепи и полной цепи (формула и формулировка);

-1закон Кирхгофа;

**Порядок выполнения**

1. Собрать цепь по схеме (рис.1) и подключить ее к источнику постоянного тока 0-15

В.

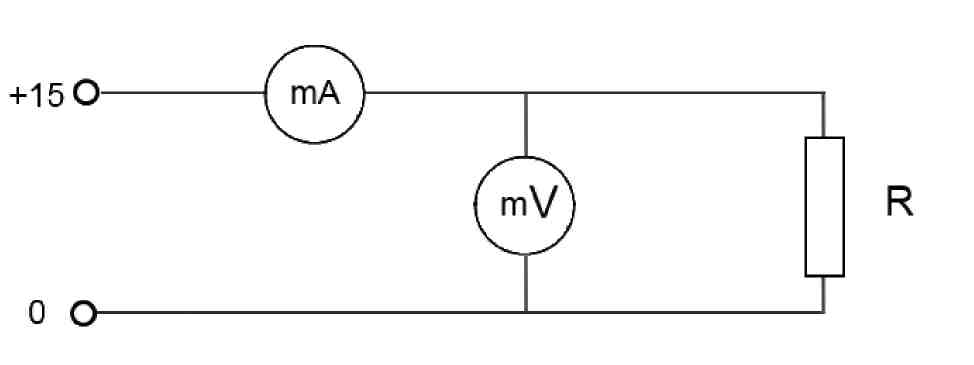


Рис.3

2. Ступенчато изменяя напряжение от 4 до 20 В на входе цепи снять показания  
приборов и результаты занести в таблицу 3.

3. Определите величину сопротивления по данным эксперимента.

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ опыта** | ***U,* B** | | **I, mA** | **R, кOм** | **Rср кОм** | ***Г}1****%* |
| **1** |  |  |  |  |  |  |
| **2** |  |  |  |  |  |  |
| **3** |  |  |  |  |  |  |
| **4** |  |  |  |  |  |  |

R = U / I

4. Определить средне измеренное значение сопротивления.

RСР = (R1 + R2 + R3 + R4)/4

5. Определить величину относительной погрешности экспериментов  
**I?** = 100% \* (RT - RСР) / RT

**Контрольные вопросы**

1. Чему равна Э.Д.С источника при наличии тока в цепи?
2. Для каких цепей справедлив закон Ома?
3. От чего зависит коэффициент пропорциональности (удельная электрическая проводимость)?

**Лабораторная работа №2**

**Проверка свойств электрической цепи с последовательным и параллельным**

**соединением резисторов**

**Цель:** опытным путем проверить справедливость закона Ома для участка цепи и основных формул для расчета последовательного и параллельного соединения резисторов.

**Оборудование:** источник постоянного тока – 30В; магазин сопротивлений – 3шт.; вольтметр – (0 ÷ 30) В; амперметр – (0 ÷ 2) А; реостат – (0 ÷ 200) Ом; ЛС НТЦ -07 “ТОЭ”.

**Вопросы для самопроверки:**

* электрическая цепь, её элементы и их назначение;
* параметры электрической цепи;
* виды соединений резисторов и их определение;
* основные отличительные особенности последовательного и параллельного соединения резисторов;
* закон Ома для участка цепи и полной цепи (формула и формулировка);
* первый закон Кирхгофа, понятие узла, ветви, контура электрической цепи;
* понятие мощности в цепях постоянного тока, расчетная формула, единицы измерения;
* понятие короткого замыкания и обрыва в электрической цепи.

**Порядок выполнения**

1. Определить размещение приборов на столе.
2. Собрать электрическую цепь согласно предложенной схеме (рис. 4)
3. Установить заданные преподавателем параметры всех элементов схемы. Напряжение источника: U = 30 В.

Сопротивление резисторов (магазинов): R1 = 15 Ом; R2 = 20 Ом; R3 = 25 Ом.

**Опыт №1**

4. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.

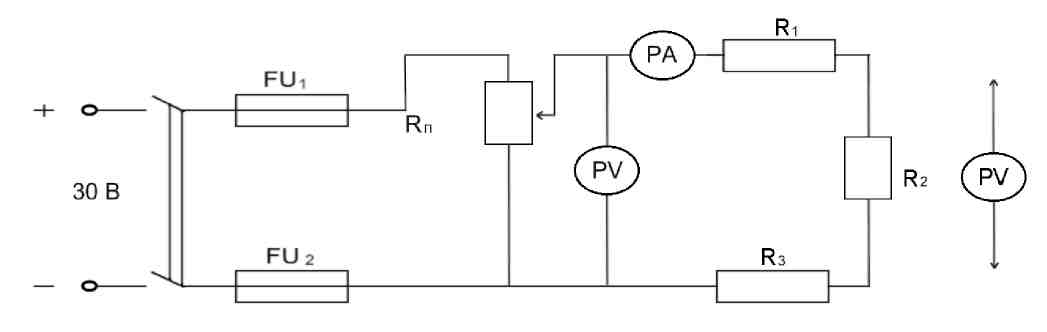


Рис. 4. Схема последовательного соединения резисторов

5. Включить источник питания и произвести необходимые измерения, результаты которых занести в табл. 4.

1. Отключить источник питания.
2. Произвести необходимые расчеты по формулам:

R1 *=* U1 */* I1*;* R2 = U2 / I2*;* R3 = U3 / I3;

P1 = U1 / I1; P2 = U2 / I2; P3 = U3 / I3;

где R1 , R2, R3 - сопротивления первого, второго и третьего резисторов (магазинов сопротивлений) соответственно; U1, *U2,* U3 - напряжения на первом, втором и третьем

резисторах соответственно; U - напряжение во всей цепи; I - ток во всей цепи; P -мощность всей цепи; P1, P2, P3 - мощности на первом, втором и третьем резисторах соответственно.

8. Расчеты занести в табл. 4.

**Опыт №2**

9. В исходной цепи (см. рис. 5.) произвести короткое замыкание резистора R2

1. Повторить пункты 4-8
2. Собрать электрическую цепь согласно предложенной схеме (рис. 5).

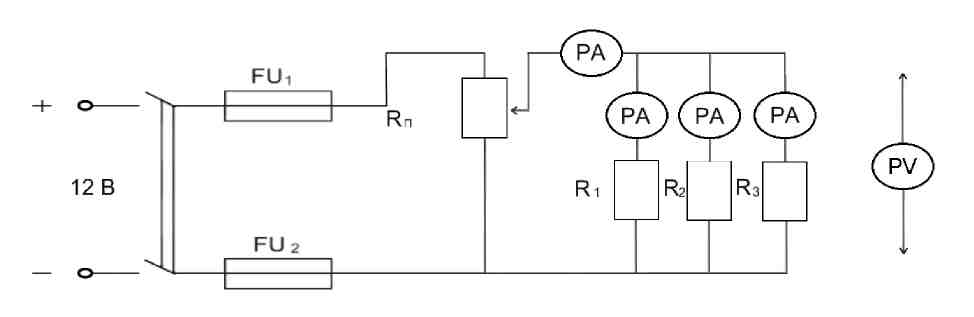


Рис. 5. Схема параллельного соединения резисторов

**Опыт №3**

12. Установить заданные преподавателем параметры всех элементов схемы.  
Напряжение источника: U = 12 B.

Сопротивление резисторов (магазинов): R1 = 15 Ом; R2 = 20 Ом; R3 = 25 Ом.

1. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.
2. Включить источник питания и произвести необходимые измерения, результаты которых занести в табл. 5.
3. Отключить источник питания.
4. Произвести необходимые расчеты по формулам:

R1 = U / I1; R2 = U / I2; R3 = U / I3; R = U / I;

g1 = 1 / R1; g2 = 1 / R2; g3 = 1 / R3; g = 1 / R;

P1 = U1-I1; P2 = U2-I2; P3 = U3-I3; P = U-I;

где R1 , R2, R3 - сопротивления первого, второго и третьего резисторов (магазинов сопротивлений) соответственно; U - напряжение во всей цепи; I1, I2, I3 - токи в первой, второй и третьей ветвях соответственно; I - ток во всей цепи; g1, g2, g3 - проводимости первой, второй и третьей ветви соответственно; P1 , P2, P3 - мощности первой, второй и третьей ветви соответственно; P - мощность всей цепи.

17. Расчеты занести в табл.5.

**Опыт №4**

1. В исходной цепи (рис. 5) установить сопротивления всех резисторов равными R3.
2. Повторить пункты 13-17.

**Опыт №5**

1. В исходной цепи (рис. 5) отключить резистор R3.
2. Повторить пункты 13-17.
3. Разобрать электрическую цепь.

23. На основании опытных данных и расчетов сделать выводы:

* о справедливости закона Ома для участка цепи;
* о справедливости закона Кирхгофа для узла электрической цепи;
* о различиях заданных параметров резисторов и расчетных значений сопротивлений резисторов;
* о справедливости основных свойств последовательного и параллельного соединения резисторов;
* о величине силы тока в электрической цепи при уменьшении общего числа резисторов (основании опытов №1 и 2);
* о величине силы тока в электрической цепи при уменьшении общего числа резисторов (основании опытов №3, 4 и 5);

**Контрольные вопросы**

1. Почему при последовательном соединении резисторов величина силы тока на всех элементах в цепи имеет одинаковые значения?

2.Почему при параллельном соединении резисторов разность потенциалов на всех элементах цепи имеет одинаковое значение?

1. Если несколько резисторов с разными по величине значениями сопротивлений соединить последовательно, то на каком из них будет большее падение напряжения?
2. Если несколько резисторов с разными по величине значениями сопротивлений соединить последовательно, то на каком из них будет больший ток?
3. Как определить проводимость ветвей и эквивалентную проводимость цепи при параллельном соединении резисторов?
4. Как определить эквивалентную проводимость цепи при последовательном соединении резисторов?
5. Укажите все возможные расчетные формулы для определения мощности резисторов.

**Лабораторная работа №3**

**Определение потери напряжения в проводах и КПД линии электропередачи.**

**Цель:** исследовать модель линии электропередачи опытным и аналитическим путем, определить падение напряжения в провода при передаче электроэнергии на расстояние; выяснить, какое влияние оказывает нагрузка линии на напряжение приемника.

**Оборудование:** источник постоянного тока - 12 В; провода макета двухпроводной линии ЛЭП: *D* 4÷6 мм, L = 10÷15 м, **□** = 0,44 Ом-мм2/м(нихром); вольтметр - (0÷20) В, 2 шт.; амперметр - (0÷1) А; реостат - (0÷200) Ом; однополюсный выключатель; ЛС НТЦ -07 “ТОЭ”.

**Вопросы для самопроверки:**

* зависимость сопротивления проводника от материала и его геометрических параметров;
* понятия потери напряжения (падения напряжения) и мощности потерь, их допустимые значения;
* КПД линии электропередачи.

**Порядок выполнения**

1. Определить размещение приборов на столе.
2. Собрать электрическую цепь согласно предложенной схеме (рис.6). 3.Установть заданные преподавателем параметры всех элементов схемы.

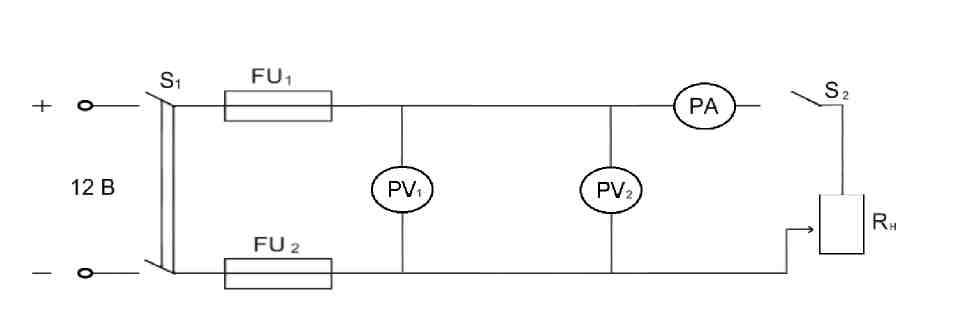


Рис.6 Схема модели линии электропередачи Напряжение источника: U = 12 B. Сопротивление нагрузки: Rн = 200 Ом. 4. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.

5. Включить источник питания при разомкнутом ключе S2 (Холостой ход) и произвести необходимые изменения, результаты которых занести в табл. 6.

Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Измерено** | | |  |  |  |  | **Вычислено** | | |  |  |  |
| **I,**  **А** | **U1,**  **В** | **U2,**  **В** | **Rл, Ом** | **Ом** | **Pь Bт** | **P2, Bт** | **P’, Bт** | **P”, Bт** | **U’, B** | **B** | **ε,**  **%** | **n,**  **%** |
|  |
|  |
|  |

1. Отключить источник питания.
2. Произвести необходимые расчеты по формулам:

*S =* ***ъ • о****2 / 4;* P1 *=* U1 ***• Е****;* ***ы/= 1***1 *- и2; n = (*U*2 /* U1*)* **■** 100; Rл = ***р • 2 • ь /5-,*** P2 = U2 **-**I; **Д^,Г = / ■ Д**; **г = *{^и/и±) •* юо%**; Rн = U*2 /* I; ***ар* = *Р}****-****?***;

***АР" = Г ■* Д**

где S - сечение провода линии электропередачи; **тг** = 3,14; D - диаметр провода линии электропередачи; U1 - напряжение источника питания; I - сила тока в линии; ***&и*** *-* потери напряжения в линии электропередачи; U*2 -* напряжение на потребителе; n - КПД линии электропередачи; Rл - сопротивление линии; ***р*** *-* удельное сопротивление материала линии (табличное данное, в зависимости от материала линии); L - длина провода линии электропередачи; ***г*** *-* относитьельная потеря напряжения в линии электропередачи; Rн -

сопротивление нагрузки; ***АР*** *-* потери мощности в линии электропередачи. 8.Расчеты занести в табл. 6.

9. При полностью введенном сопротивлении реостата Rн замкнуть ключ S2 и,  
постепенно уменьшая сопротивление до нуля (короткое замыкание), произвести  
необходимые измерения (при изменении тока через 0,1 - 0,3 А), результаты которых  
занести в табл. 6.

10. Повторить пункты 6-8.

1. Разобрать электрическую цепь.
2. Построить (в одних координатных осях) графики зависимости напряжений, мощностей и КПД от силы тока в линии.
3. На основании опытных данных, расчетов и графиков сделать выводы:

* о способах уменьшения потери напряжения в проводах линии электропередачи;
* о зависимости потери мощности от силы тока в линии;
* о зависимости КПД линии от величины нагрузки;
* о недостатке при работе ЛЭП при неизменном значении напряжения станции и больших мощностях.

**Контрольные вопросы**

1. От каких факторов зависят потери напряжения в ЛЭП?
2. Почему потеря напряжения в проводах считается отрицательным явлением?
3. Почему с увеличением длины ЛЭП необходимо повышать ее рабочее напряжение?
4. Какие процессы имеют месть в ЛЭП при ее работе в режиме низменного тока?

**Лабораторная работа №4**

**Проверка измерительного прибора**

**Цель:** исследование технических возможностей приборов.

**Оборудование:** мультиметр, инструкционные карты, стенд НТЦ -07, ЛС НТЦ -07 “ТОЭ”.

**Вопросы для самопроверки**

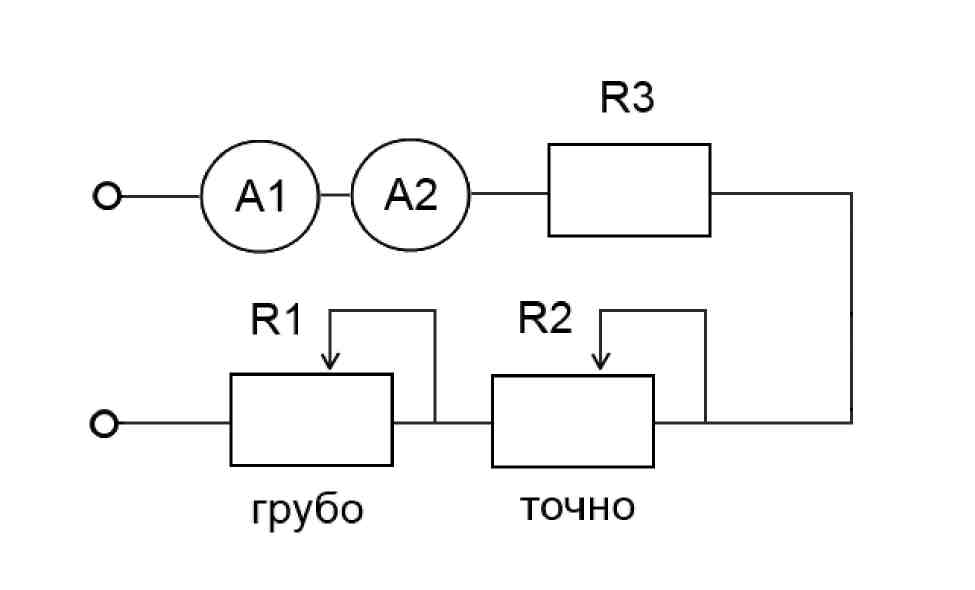
-классификация измерительных приборов приборов по принципу действия;

-моменты действующие на подвижную систему электроизмерительного прибора при отчёте показаний;

-погрешности измерительных приборов;

**Порядок выполнения Опыт №1**

Поверка амперметра:



1. Собрать цепь согласно предложенной схеме (рис. 7).

2. Плавно изменяя сопротивление переменных резисторов «грубо», «точно», добиваемся  
отклонения стрелки прибора на все оцифрованные деления шкалы образцового прибора

А1 и записываем в таблицу показания проверяемого прибора А2.1 – показания А2, I0 – показания А1.

**Опыт № 2**

Поверка вольтметра.

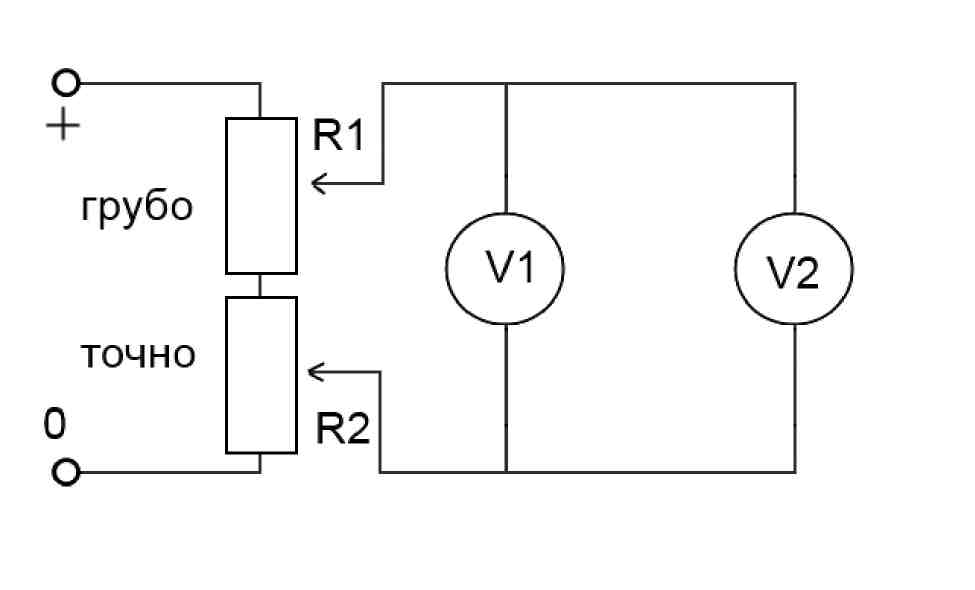


Рис.8

1. Собрать цепь согласно предложенной схеме (рис. 8).
2. Провести измерения как в п. 1. Б. U - показания V2, U*0 -* показания V1
3. Вычислить абсолютную погрешность.

***&1 = \1- 10\****;* ***ы/= \и — и0\***

4. Вычислить максимальную приведенную погрешность

**>1**

**д/„**

100%

***V* =**

ЛД.

***и..***

100%

**1Н**, **Цн** - предел измерения приборов Расчёты занести в табл.7.

Таблица 7

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | 10**, мА** | **I, мА** | Л1**, мА** | **с/а,B** | **U,B** | Д11**,B** |
| **1** |  |  |  |  |  |  |
| **2** |  |  |  |  |  |  |
| **3** |  |  |  |  |  |  |
| **4** |  |  |  |  |  |  |
| **5** |  |  |  |  |  |  |

**Контрольные вопросы**

1. Чем характеризуется точность измерений?
2. Принцип действия приборов магнитоэлектрической системы?

**Лабораторная работа №5**

**Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением катушки**

**индуктивности и конденсатора**

**Цель:** исследовать разветвленную цепь переменного тока на подтверждение основных расчетных формул; экспериментально подтвердить условие резонанса токов.

**Оборудование:** источник переменного тока – 30 В; вольтметр – (0÷30) В; амперметр -(0÷3) А; ваттметр; катушка индуктивности с сердечником; магазин емкостей; ЛС НТЦ -07 “ТОЭ”.

**Вопросы для самопроверки:**

* понятия активного и реактивного проводимости, формулы для их расчета;
* понятия резонанса тока, условие его получения.

**Порядок выполнения**

1. Определить размещение приборов на столе.
2. Собрать электрическую цепь согласно предложенной схеме (рис. 9).

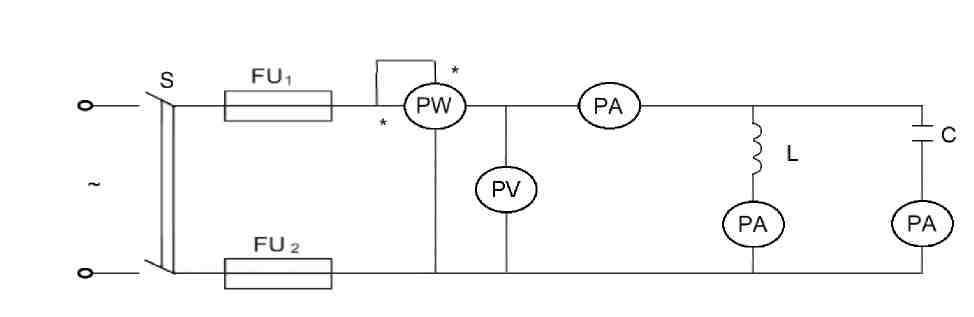


Рис. 9. Схема параллельного соединения катушки индуктивности и конденсатора

4. Установить заданные преподавателем параметры всех элементов схемы.

Напряжение источника: U = 30 В.

Катушка индуктивности без сердечника.

Емкость конденсатора (батареи конденсаторов): С = 121 мкФ.

4.Предьявить собранную схему для проверки преподавателю.

5. Включить источник питания и произвести необходимые измерения, результаты которых занести в табл.8.

Таблица 8

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Измерено** | | |  |  |  |  | **Вычислено** | | |  |  | |  |
| **P, Bт** | **U2,**  **В** | **I,**  **А** | **I,**  **А** | **A** | **Z1, Ом** | **Ом** | **X1, Ом** | **См** | **См** | **ХС, Ом** | **"С,**  **См** | **Iai,**  **B** | **IPi,**  **%** | **Cos** |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

1. Отключить источник питания.
2. Произвести необходимые расчеты по формулам:

*Z =* ***V****/* I; G1 = Rk **■ 2^**; Ia1 = U / G1; *Z =* ***V****/* I; bL = XL **■ 2^**; IP1 = U / bL; RK = ***Р****/* ***II***; bC = XL **■ 222**; cos **??** = Rk / Z; XL = **у 2^ — д2**

XC = U / I2

где Z, Z2, Z3 *-* полное сопротивление цепи, первой и второй ветви соответственно; U -напряжение источника питания; I, I2, I3 - сила тока в цепи в первой, второй ветви соответственно; g1 *-* активная проводимость первой ветви; Rк - активное сопротивление катушки индуктивности; Iа1 *-* активная составляющая силы тока первой ветви; bL -реактивная проводимость первой ветви; XL - индуктивное (реактивное) сопротивление, I1 - реактивный ток первой ветви; P - активная мощность цепи; bC - реактивная проводимость второй ветви; ХC - емкостное (реактивное) сопротивление; IP1 -реактивная составляющая силы тока первой ветви; cos ***<р*** *-* коэффициент мощности.

1. Расчеты занести в табл. 8.
2. В катушку индуктивности полностью ввести сердечник.

10. Повторить пункты 4-8.

1. Включить источник и экспериментально (плавно вдвигая и выдвигая сердечник) добиться режима равенства токов в ветвях. Результаты измерений занести в табл. 8.
2. Повторить пункты 7-8.
3. Разобрать электрическую цепь.
4. На основании опытных данных и расчетов сделать выводы:

* о характере зависимости токов в ветвях и в неразветвленной части цепи, мощности и коэффициента мощности от индуктивности катушки;
* о том, как можно экспериментально получить резонанс токов;
* о том, какое сопротивление переменному току будет оказывать цепь в резонансном режиме;
* об особенностях резонансного режима.

1. По результатам опытов (на миллиметровой бумаге) в масштабе построить векторную диаграмму напряжения и токов;
2. Построить графики зависимости тока в цепи, в первой и второй ветвях от реактивной проводимости первой ветви.

**Контрольные вопросы**

1. Какова величина энергии при резонансном режиме?
2. Каково практическое применение резонанса тока?
3. Что означает **д? > 0, <р = 0, <р < О**?

**Лабораторная работа №6**

**Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением**

**конденсатора и резистора**

**Цель:** исследовать неразветвленную цепь переменного тока на подтверждение основных расчетных формул; построить векторную диаграмму тока и напряжений, треугольники сопротивлений и мощностей при последовательном соединении элементов цепи.

**Оборудование:** источник переменного тока – 30 В; вольтметр – (0÷30) В; амперметр -(0÷2) А; ваттметр; магазин сопротивлений; магазин емкостей; ЛС НТЦ -07 “ТОЭ”.

**Вопросы для самопроверки:**

* понятия активного и реактивного сопротивлений цепи, формулы для из расчета;
* понятия активной и реактивной мощностей цепи, формулы для из расчета;
* понятия полного сопротивления и мощности в цепях переменного тока мощности в цепях переменного тока;
* правила построения временных и векторных диаграмм;
* понятие начальной фазы и сдвига фаз.

**Порядок выполнения**

1. Определить размещение приборов на столе.
2. Собрать электрическую цепь согласно предложенной схеме (рис.10).

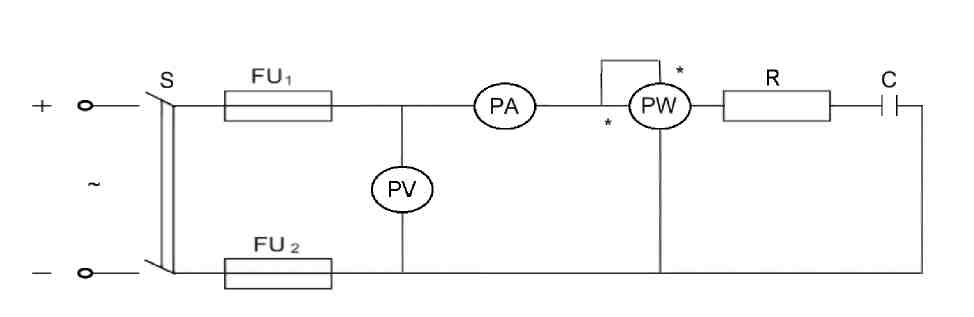


Рис.10 Схема неразветвленной цепи переменного тока с активным

сопротивлением и емкостью 3. Установить заданные преподавателем параметры всех элементов схемы. Напряжение источника: U = 30В. Активное сопротивление: R = 28 Ом.

Емкость конденсатора (батареи конденсаторов): С = 212 мкФ.

4.Предьявить собранную схему для проверки преподавателю.

5. Включить источник питания и произвести необходимые измерения, результаты которых занести в табл. 9.

1. Отключить источник питания.
2. Произвести необходимые расчеты по формулам: **Хс = 1 / (2 ■ *тс* ■ / ■ с); UR = I-U; cos *ср =* R / Z;**

***Z = U /* I; UС** = I **■** XC; QC = I2 **■** XC; **р** = arcos R/Z,

где Хс - емкостное (реактивное) сопротивление; ***и*** *=* 3.14; **/** - частота тока (50 Гц); С-электроемкость конденсатора; UR - падение напряжения на активном сопротивлении; I -сила тока в цепи; R - активное сопротивление; S - полная мощность цепи; cos **ф** -коэффициент мощности; *Z -* полное сопротивление цепи; U - напряжение источника питания; UС *-* падение напряжения на реактивном сопротивлении; QC - емкостная (реактивная) мощность цепи; ***ц>*** *-* сдвиг фаз.

1. Расчеты занести в табл. 9.
2. Изменить исходные параметры цепи.

Емкость конденсатора (батареи конденсаторов): С = 71 мкФ.

1. Повторить пункты 4-8.
2. Изменить исходные параметры цепи:

Емкость конденсатора (батареи конденсаторов): С = 25 мкФ.

1. Повторить пункты 4-8.
2. Изменить исходные параметры цепи:

Активное сопротивление: R = 250 Ом; емкость конденсатора (батареи конденсаторов): С = 121 мкФ.

1. Повторить пункты 4-8.
2. Изменить исходные параметры цепи:

Емкость конденсатора (батареи конденсаторов): С = 71 мкФ.

16. Изменить исходные параметры цепи:

Емкость конденсатора (батареи конденсаторов): С = 25 мкФ. 17.Разобрать электрическую цепь.

1. На основании опытных данных и расчетов сделать вывод о характере изменения тока, мощности, падения напряжения на участках цепи в зависимости от изменения активно и емкостного сопротивлений.
2. По результатам первого опта (на миллиметровой бумаге) в масштабе построить векторную диаграмму тока и напряжений.

**Контрольные вопросы**

1. Как изменяется соотношение падений напряжения на активном емкостном элементах цепи при изменении активного сопротивления? Емкости?
2. Как изменяется падение напряжения на активном и емкостном элементах цепи, если изменить частоту сети при прочих неизменных параметрах?

3. Почему ток в цепи с емкостью опережает по фазе напряжения на 90°?

**Лабораторная работа №7**

**Исследование трехфазной цепи при соединении приемников «звездой»**

**Цель:** экспериментально проверить свойства цепи трехфазного тока при соединении преемников «звездой»; выяснить роль нулевого провода в четырехпроходной системе трехфазного тока; построить векторные диаграммы для трехфазной цепи.

**Оборудование:** источник трехфазного тока – 30 В; вольтметр – (0÷30) В; амперметр -(0÷1) А, 3шт.; амперметр - (0÷2) А; магазин сопротивлений - 3 шт.; однополюсный выключатель; ЛС НТЦ -07 “ТОЭ”.

**Вопросы для самопроверки:**

* получение трехфазного тока;
* виды соединений потребителей в трехфазных цепях переменного тока, основные расчетные формулы;

Понятие фазного и линейного токов и напряжений;

* понятие симметричной нагрузки;
* понятие нулевого провода, его назначение.

**Порядок выполнения**

1. Определить размещение приборов на столе.
2. Собрать электрическую цепь согласно предложенной схеме (рис.11).

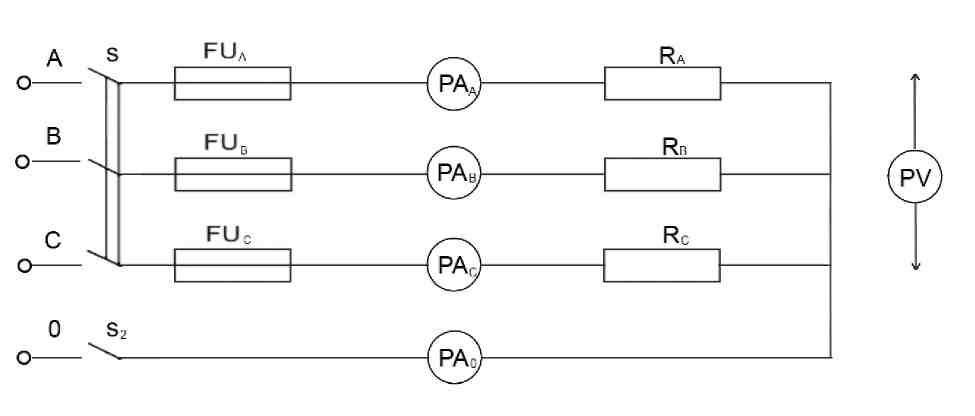


Рис. 11. Схема трехфазной цепи переменного тока

3. Установить заданные преподавателем параметры всех элементов схемы. Напряжение источника: U = 52/30 В.

Сопротивление фаз: RА = RВ = RС = 100 Ом.

1. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.
2. Включить источник питания и произвести необходимые измерения, результаты которых занести в табл.10.

Таблица 10

**Измерения и вычисления**

1. Разомкнуть ключ S2 и произвести необходимые измерения, результаты которых занести в табл. 10.
2. Отключить источник питания.
3. Произвести необходимые расчеты по формулам:

Pа = Uа **■** Iа **■** cos A ; PB = UB **■** IB **■** cos B; PС = UС **-** IС **■** cos С*;*

P = PA + PB + PC

где Pа, Pв, Pс - активная мощность в соответствующей фазе; Iа, Iв, IС - сила тока в соответствующей фазе; Uа, Uв, UС - фазное напряжение; cos **$?**а, cos *<*В*,* cos ***<***С *-*коэффициент мощности в соответствующей фазе; P - активная мощность в цепи.

9. Расчеты занести в табл. 10.

10. Изменить исходные параметры цепи:  
Сопротивление фазы A: RA = 30 Ом;  
Сопротивление фазы В: RВ = 50 Ом;

Сопротивление фазы С: RС = 100 Ом.

1. Повторить пункты 4-9.
2. Изменить исходные параметры цепи: Сопротивление фазы A: RA = ∞ Ом;
3. Повторить пункты 4-9.
4. Разобрать электрическую цепь.
5. Построить векторные диаграммы напряжений и токов для опытов с нулевым проводом.
6. На основании опытных данных, расчетов и векторных диаграмм сделать выводы:

* о целесообразности нейтрального провода при симметричной нагрузке;
* о роли нейтрального провода при несимметричной нагрузке;
* о роли нейтрального провода при несимметричной нагрузке;
* о роли нейтрального провода при обрыве линейного провода.

**Контрольные вопросы**

1. Что такое «перекос фаз»?
2. Какое напряжение называют «смещение нейтрали»?
3. Что произойдет при коротком замыкании одной из фаз, если при этом в цепи отсутствует нейтральный провод и при его присутствии?

**Лабораторная работа №8**

**Исследование однофазного трансформатора**

**Цель:** ознакомиться с устройством, назначением и основными характеристиками однофазного трансформатора; рассчитать коэффициент трансформации, потери мощности и КПД трансформатора в различных режимах работы.

**Оборудование:** источник переменного тока (сеть); трансформатор однофазный (школьный разборный); автотрансформатор лабораторный (ЛАТР); вольтметр – 2 шт.; амперметр – 2шт.; ватт метр; магазин сопротивлений или реостат до 400 Ом; однополюсный выключатель; ЛС НТЦ -07 “ТОЭ”.

**Вопросы для самопроверки:**

* получение трансформатора;
* виды трансформаторов;
* устройство трансформатора;

- параметры трансформатора, основные формулы для их расчета;

- принцип действия трансформатора, режимы его работы.

**Порядок выполнения**

1. Определить размещение приборов на столе.
2. Собрать электрическую цепь согласно предложенной схеме (рис.12).
3. Установить заданные преподавателем параметры всех элементов схемы. Напряжение источника: U = 220 В.
4. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.

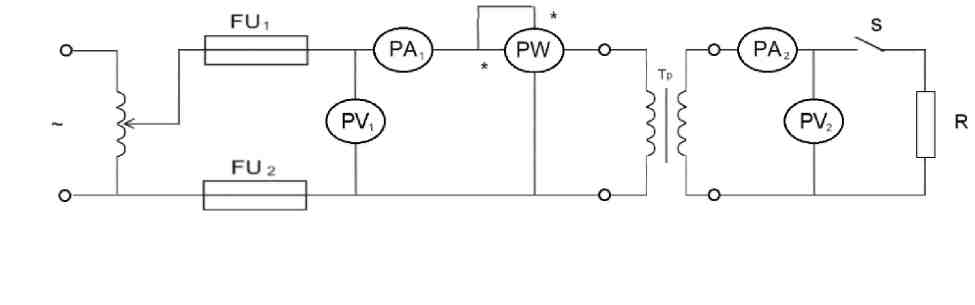


Рис. 12. Принципиальная схема работы трансформатора

5. Включить источник питания(ключ S разомкнут – режим холостого хода) и произвести необходимые измерения, результаты которых занести в табл.11.

Таблица 11

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Измерено** | |  |  | **Вычислено** | |
| U1, B | I1, A | U2,B | P1, Вт | **K** |  | COS ***$>*** |
|  |  |  |

1. Отключить источник питания.
2. Произвести необходимые расчеты по формулам:

K = U1 **/** U2 ; cos **ч»** = P1 / (U1 **■** I1),

где K - коэффициент трансформации; U1*-* напряжение на первичной обмотке трансформатора; U2, - напряжение на вторичной обмотке трансформатора; cos ***<р****-*коэффициент; P1 - активная мощность на первичной обмотке трансформатора; I1 - сила тока на первичной обмотке трансформатора;

1. Расчеты занести в табл. 11.
2. Изменить исходные параметры цепи: Напряжение источника: U = 220 В. Сопротивление нагрузки RН = 250 Ом;
3. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.
4. Включить источник питания(ключ S разомкнут - режим холостого хода) и произвести необходимые измерения, результаты которых занести в табл.12.
5. Отключить источник питания.

Таблица12

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ опыта** |  |  | **Измерено** | |  | **Вычислено** | | |
| **U1,**  **В** | **I1, А** | **P1, Вт** | **U2, В** | **I2, А** | **P2 Вт** | ***АР,***  ***Вт*** | **%** |

13. Произвести необходимые расчеты по формулам:

P2 = U2 ■ *U2* ; *&Р =* 1 *-* P1; Ч *=* (P2/P1)-100%,

Где 1 *-* активная мощность на первичной обмотке трансформатора; U*2* - напряжение на вторичной обмотке трансформатора; I2 **-** сила тока во вторичной обмотке трансформатора; P2 - активная мощность на вторичной обмотке трансформатора; ***АР*** *-*потери мощности в трансформаторе; **ч** - КПД трансформатора.

1. Расчеты занести в табл. 12.
2. Повторить пункты 9-14, постепенно уменьшая сопротивление нагрузки до нуля (шаг

- 50 Ом).

1. Разобрать электрическую цепь.
2. Построить графики зависимости:

P2 = U2 ■ *U2* ; *&? =* 1 *-* P1; ч = (P2/P1)-100%,

*U2 =* ƒ (P2); *U2 =* ƒ (I2); Ч = ƒ (P2).

18. На основании опытных данных, расчетов и графиков сделать выводы:

* какие параметры трансформатора можно определить опытным путем при использовании различных режимов работы;
* почему при росте нагрузки понижается напряжение на вторичной обмотке трансформатора;
* от чего зависит КПД трансформатора.

**Контрольные вопросы**

1. От чего зависят потери мощности в трансформаторе?
2. Как опытным путем определить потери мощности в трансформаторе?
3. Как можно избежать больших потерь?
4. Что называют «внешней характеристикой» трансформатора и как ее получить?

--

**Лабораторное занятие № 15**

**Исследование работы выпрямительного диода**

**Цель занятия:** исследование работы и особенностей полупроводникового диода, построение вольтамперной характеристики диода.

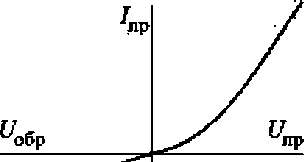
**Приборы и оборудование:**

1. Стенд для изучения работы полупроводниковых приборов
2. Комплект измерительных приборов и инструментов: амперметр, вольтметр

**Краткие теоретические сведения**

Выпрямительные полупроводниковые диоды предназначены для преобразования переменного тока в постоянный. Диапазон токов этих широко используемых на железнодорожном транспорте приборов весьма велик: от десятков миллиампер (в устройствах железнодорожной автоматики и связи) до десятков ампер (в аппаратуре подвижного состава и тягового электроснабжения). Для получения большого прямого

тока увеличивают площадь p-n перехода. Поэтому многие

выпрямительные диоды плоскостные.

Выпрямительный полупроводниковый диод

Рисунок 1 Вольт-ампернаят характеристика

' обр

диода

представляет собой прибор с одним p-n переходом и двумя выводами. Вывод, к которому течёт ток из внешней электрической цепи при прямом включении диода (вывод из зоны типа p), называют анодным; вывод, от которого прямой ток направляется во внешнюю цепь (вывод из зоны типа n), именуют катодом.

Эксплуатационные свойства выпрямительных диодов характеризуют их параметры, приводимые в справочной литературе.

Номинальные значения токов и напряжений определяются ветвями вольт-амперной характеристики диода (рис. 1):

Uпр — постоянное прямое напряжение диода при заданном постоянном токе Iпр;

Iобр — постоянный обратный ток диода, протекающий через диод в обратном направлении при заданном обратном напряжении Uобр.

Предельный режим работы прибора характеризуют максимально допустимые параметры, значения которых не должны превышаться при любых условиях эксплуатации. К ним относятся:

* Uобрmax — максимально допустимое постоянное обратное напряжение диода, превышение его ведёт к пробою p-n перехода и выходу диода из строя;
* Iпр max — максимально допустимый постоянный прямой ток

определяется условиями нагрева прибора. При кратковременном (импульсном) воздействии тока значение его может быть увеличено. Соответственно различают максимально допустимый импульсный прямой ток;

— Рср.дmax — максимально допустимая средняя рассеиваемая мощность,  
рассеиваемая диодом при протекании тока в прямом и обратном направлениях.

Сопротивление диода (R) рассчитывается по формуле:

***и***

***я =-I***

(1)

где R - сопротивление…, ом; U - напряжение, В; I - ток, А.

**Порядок выполнения**

1. Собрать цепь по схеме (рис.2) и подключить ее к источнику постоянного напряжения 1 В.







E2

**Л/\_** V1

13

Рисунок 2 Схема электрической цепи

1. Ступенчато изменяя напряжение от 0 до величины, заданной преподавателем с помощью переменного резистора R1, снять показания приборов и результаты занести в таблицу 1.
2. Изменить полярность источника и повторить п.2.
3. Повторить пункты 1 - 3 с другим типом диода.
4. По результатам измерения построить вольтамперную характеристику диода, рассчитать сопротивление диода и результаты занести в таблицу 1.

**Содержание отчета**

1. Нарисовать схему электрической цепи.
2. Построить вольтамперную характеристику диода I = f (U)

3. Объяснить какая ветвь вольтамперной характеристики диода I = f (U) (рис. 1) будет  
построена при прямой полярности источника.

1. Объяснить какая ветвь вольтамперной характеристики диода I = f (U) (рис. 1) будет построена, когда изменили полярность источника.
2. Построить вольтамперную характеристику для другого типа диода (пункты 1-3) по результатам измерения и рассчитать сопротивление диода.
3. Заполненная таблица 1.

Таблица 1 - Результаты измерений и расчетов

7. Вывод.

**Контрольные вопросы**

1. Какой прибор называется полупроводниковым диодом?
2. Основные свойства полупроводникового диода?
3. Охарактеризуйте сопротивление диода при прямой полярности напряжения на нем.
4. Охарактеризуйте сопротивление диода при обратной полярности напряжения на нем.
5. Как меняется сопротивление полупроводникового диода при изменении напряжения на нем?

**Лабораторное занятие № 16 Исследование работы стабилитрона**

**Цель занятия:** исследование работы и особенностей полупроводникового стабилитрона, построение вольтамперной характеристики стабилитрона, расчет его параметров.

**Приборы и оборудование:**

1. Стенд для изучения работы полупроводниковых приборов: стабилитрон,  
резистор, источник постоянного напряжения

2. Комплект измерительных приборов и инструментов: амперметр, вольтметр

**Краткие теоретические сведения**

Опорные диоды применяются для поддержания постоянного напряжения

(стабилизации напряжения) в схемах, где выпрямленное напряжение может изменяться. Эти диоды получили название стабилитронов.

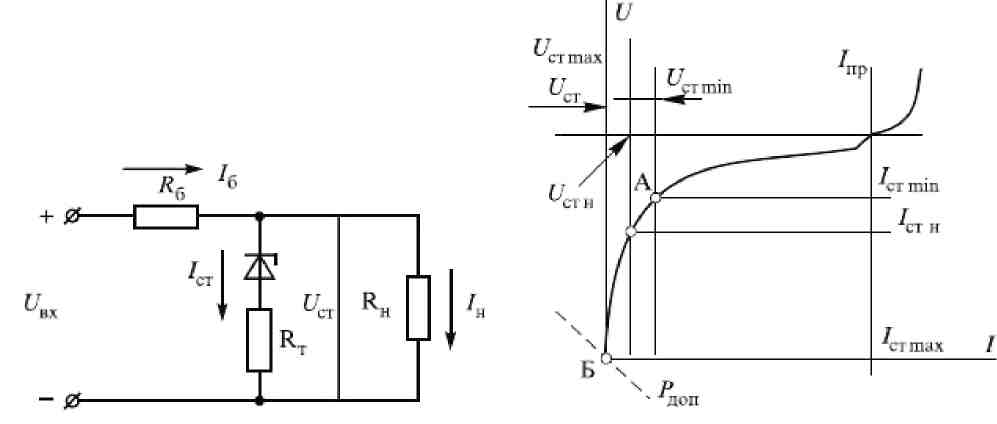


Рисунок 4 Вольт-амперная

Рисунок 3 Схема стабилизации напряжения

На рис. 3 приведена схема стабилизации напряжения. Резистор Rб балластное сопротивление. На него сбрасывается избыток напряжения. Отличительная особенность вольтамперной характеристики этого диода — относительное постоянство напряжения, создаваемое на диоде после наступления электрического пробоя (рис.4 участок АБ).

Пользуясь вольтамперной характеристикой стабилитрона можно определить его основные параметры:

- Напряжение UСТ и ток стабилизации IСТ :

- Дифференциальное выходное сопротивление стабилизатора - это отношение приращения выходного напряжения к приращению тока нагрузки:

**Д**U U **-**U

вых.max в

**г = =** выхmaxвых.min (Ом)

СТ. диф т

**1-**I

н.max н.min

- Коэффициент нестабильности по напряжению КнU - это отношение  
относительного изменения выходного напряжения ΔUвых /Uвых к вызвавшему его  
изменению входного напряжения ΔUвх

КДU U **-**U  
**=** вых **=** вых.maxвыхmin 100%

нU **А т т т т т т т т**

U ***Аи* IIII - II**

вых вх ст ( вх.max вх.min )

- Коэффициент нестабильности по току KнI - это отношение относительного  
изменения выходного напряжения ΔUвых / Uвых к вызвавшему его относительному  
изменению тока нагрузки ΔIн / Iн :

КДU I (U **-II** I  
**=** выхн **=** вых.maxвых .min ) ст 100%

нI А Т Т"

U **Д**I U (I **-I**

вых н ст н.max н.min )

Сопротивление резистора рассчитывается по формуле:

R U  
**=** R , Ом (2)

I

где UR - напряжение на резисторе,

I - сила тока в цепи.

R UV  
V **=—** , Ом (3)

I

Сопротивление стабилитрона рассчитывается по формуле:

где UV - напряжение на стабилитроне.

**Порядок выполнения**

1. Собрать цепь по схеме (Рисунок 5).

**к у**

**4 О**

**Г а V**

**О**

Рисунок 5 Схема электрической цепи

2. Изменяя напряжение на входе U по заданию преподавателя определить с помощью измерительных приборов ток и напряжение на стабилитроне и на нагрузке. Результаты записать в таблицу 2.

3.По результатам измерения построить вольтамперную характеристику диода, рассчитать сопротивление стабилитрона RV и резистора R и результаты занести в таблицу

**Содержание отчета**

1. Нарисовать схему электрической цепи для снятия вольтамперной характеристикой стабилитрона.
2. Описать назначение стабилизатора напряжения.
3. Заполненная таблица 2.

Таблица 2 - Результаты измерений и расчетов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| U, В |
| I, мА |
| UV, B |

RV, Ом R, Ом

4. Построенные в масштабе графики зависимости U = f(E), I = f(U) по данным таблицы

2.

4. Вывод.

**Контрольные вопросы**

1. Какой прибор называется полупроводниковым стабилитроном?
2. Основные свойства полупроводникового стабилитрона?
3. Охарактеризуйте отличия стабилитрона и стабистора.
4. Как меняется сопротивление полупроводникового стабилитрона при изменении напряжения на нем?
5. Проанализируйте изменение параметров цепи при увеличении подаваемого в цепь напряжения.

**Лабораторное занятие № 17**

**Исследование работы транзистора**

**Цель занятия:** исследование работы и особенностей биполярного транзистора, построение вольтамперной характеристики транзистора, определение его параметров.

**Приборы и оборудование:**

1. Стенд для изучения работы полупроводниковых приборов: биполярный  
транзистор

2. Комплект измерительных приборов и инструментов: амперметр, вольтметр

**Краткие теоретические сведения**

Транзистором называется электропреобразовательный полупроводниковый прибор с одним или несколькими электрическими переходами, позволяющий осуществлять усиление или генерирование электрических сигналов и имеющий три или более выводов.

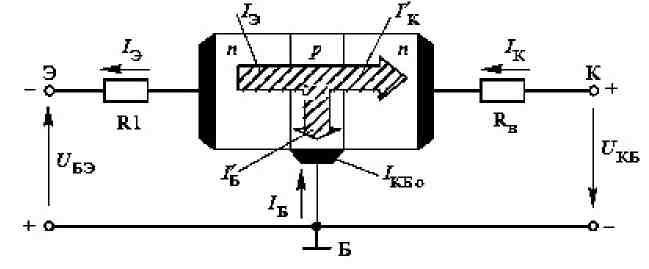


Рисунок 6 Структура n-p-n транзистора

Основным элементом транзистора (рис. 6) является кристалл полупроводника, в котором с помощью примесей созданы три области с различной проводимостью. Если средняя область имеет электронную проводимость типа n, а две крайние — дырочную типа р, то такой транзистор принадлежит к типу р—n—р в отличие от транзистора n— р—n, имеющего среднюю область с дырочной проводимостью, а две крайние — с электронной. Средняя часть кристалла служит основой для образования электронно-дырочных переходов и называется базой, или основанием. Крайняя левая область р, инжектирующая (эмитирующая) носители заряда, называется эмиттером, а другая область р, собирающая инжектированные носители заряда, — коллектором.

К основным характеристикам, которые дают представление о свойствах транзистора, относятся статические характеристики, отражающие зависимость между токами и напряжениями во входных и выходных цепях. Статические характеристики

используются при расчете транзисторных схем, по ним определяют параметры транзистора при работе в различных режимах. Параметры транзистора:

Коэффициент передачи тока КI:

***1 т***

*Б* (4)

где IK - ток коллектора; Iб - ток базы; Выходное сопротивление транзистора RВЫХ :

*ВЫХ* ***т***

***к*** (5)

где UKЭ - напряжение между коллектором и эмиттером; Входное сопротивление транзистора RВХ :

***К***

*1*

*ВХ*

*Б*

где Uэб - напряжение между эмиттером и базой;

(6)

Коэффициент усиления напряжения КU:

K **=**

*U*

где IK - ток коллектора; Iб - ток базы; Коэффициент усиления мощности КР:

kэ Uэб

(7)

K **=** ВЫХ **=** КЭ K **=** K **-**K

Р ВХ U Б I Б (8)

где РВЫХ – выходная мощность транзистора; РВХ – входная мощность транзистора.

**Порядок выполнения**

1. Собрать цепь по схеме (рисунок 7).

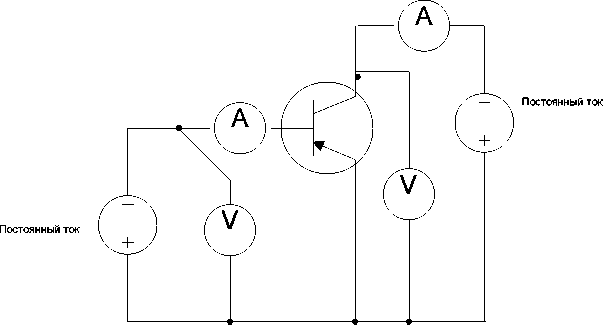


Рисунок 7 Схема электрической цепи

1. Подключить цепь к источникам напряжения, установить заданные величины напряжения на входе Uэб и выходе Uкэ. Изменяя напряжение на входе, записать величину тока базы Iб в таблицу 3 при различных значениях напряжения Uкэ.
2. Регулируя напряжение входного источника, установить величину тока базы по заданию преподавателя. Изменяя напряжение на выходе Uкэ, записать величину тока коллектора Iк в таблицу 4.

4. Опыт 3 повторить при различных значениях тока базы.

**Содержание отчета**

1. Нарисовать схему для снятия вольтамперных характеристик транзистора.

2. По результатам измерений построить входную вольтамперную характеристику

транзистора Iб = f (Uэб).

3. По результатам измерений построить выходную вольтамперную характеристику  
транзистора Iк = f (Uкэ).

4. Заполненные таблицы 3 и 4.

Таблица 3 – Таблица измерений входной ВАХ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| UЭБ, В | *Iб , мА, при UКЭ , В* | | |
| 0 | 5 | 10 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

Таблица 4 – Таблица измерений выходной ВАХ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| UКЭ. В | IK , при IБ , мА | | | |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

1. Определить параметры транзистора KI, KU *,* KP, RВЫХ , RВХ по заданию преподавателя.
2. Выводы.

**Контрольные вопросы**

1. Назовите определение транзистора.
2. Как сопротивление транзистора зависит от тока базы?
3. Как ток базы зависит от напряжения на выходе Uкэ?
4. Опишите усилительные свойства транзистора.