**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

**«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г.Пятигорске**

**Колледж Института сервиса, туризма и дизайна**

# ОП. 03 Основы электротехники

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ ЗАНЯТИЙ

**Специальности СПО**

**08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений**

**Квалификация: техник**

Пятигорск, 2018 г.

Методические указания для практических занятий по ОП. 03 Основы электротехники составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО к подготовке выпуска для получения квалификации техник. Предназначены для студентов, обучающихся по специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений

Рассмотрено на заседании ПЦК Колледжа ИСТиД (филиал) СКФУ в г. Пятигорске

Протокол № 9 от 13.04.2018 г.

Составитель _____ Т.В. Икаева

Директор Колледжа ИСТиД _____ З.А. Михалина

***Пояснительная записка***

Данные методические указания предназначены для закрепления теоретических знаний и приобретения необходимых практических навыков и умений по программе дисциплины "Основы электротехники" для специальности СПО 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений.

**Цели и задачи практических работ:**

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **уметь:**

- читать электрические схемы, вести оперативный учет работы энергетических установок;

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **знать:**

- основы электротехники и электроники, устройство и принцип действия электрических машин и трансформаторов, аппаратуры управления электроустановками.

## Практическая работа №1

**Тема:** Решение задач по теме: «Электрическое поле»

**Цель работы:** повторить основные понятия по теме: электрическое поле, однородные и неоднородные поля, напряженность электрического поля; развивать умения анализировать учебный материал, сравнивать, сопоставлять изучаемые явления и факты, делать выводы; развивать логичность, целостность восприятия; воспитывать познавательный интерес, любознательность, аккуратность при выполнении заданий

**Ход работы:**

**Теоретическое обоснование:**

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{Н \cdot м^2}{Кл^2}$$



Коэффициент пропорциональности в СИ

С помощью эксперимента обнаруживаем, что вокруг всякого заряженного проводящего тела, которое находится в покое, возникает особого рода материя – электрическое поле (органами чувств человека не обнаруживается).Напряженность поля – силовая характеристика электрического поля равная отношению силы, действующей на пробный положительный заряд $q_0$ к величине этого заряда.

$E = \frac{F}{q_0}$ - формула напряженности электрического поля в векторной форме, где $\left[\frac{\text{Н}}{\text{Кл}}\right] E$ - вектор напряженности

$[\text{Кл}] q_0$ - пробный положительный заряд

$E = \frac{U}{\Delta d}$ - связь между напряженностью и напряжением

Напряженность одного электрического поля равна отношению разности потенциалов (напряжения U) между двумя точками поля, к расстоянию $\Delta d$ между ними.

Докажем, что

$1\frac{H}{\text{Кл}} = 1\frac{\text{В}}{\text{м}}$, Для этого числитель и знаменатель умножим на (м) получим

$$1\frac{H \cdot м}{Кл \cdot м} = \frac{1Дж}{1A \cdot c \cdot м} = 1\frac{B \cdot A \cdot c}{A \cdot c \cdot м} = 1\frac{B}{м}.$$

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \ldots + \vec{E}_n$$

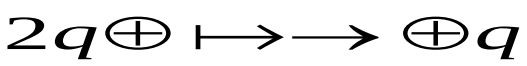
$$E = \frac{k|q|}{\varepsilon r^2} \quad -$$

Результирующая напряженность поля созданного несколькими зарядами равна геометрической сумме напряженностей, созданных каждым зарядом в отдельности .

Формула напряженности поля точечного заряда на расстоянии r от него или шара радиусом r.

Например.

1.Построить результирующий вектор напряженности и дать ответ.



Ответ: $\vec{E}_{рез}$ равен разности и направлен в сторону меньшего заряда.

**Практическая часть**

Решить задачи:

Задача№1

Найдите напряженность поля системы двух зарядов $q_1 = 8 \cdot 10^{-8} Кл$ и $q_2 = -3 \cdot 10^{-8} Кл$ в точке А, соединяющей эти заряды (рис.)

Решение. Согласно принципу суперпозиции ,напряженность результирующего поля $\vec{E}$ равна сумме $\vec{E}_1 + \vec{E}_2$ напряженностей полей, созданных зарядами $q_1$ и $q_2$.Модули $\vec{E}_1$ и $\vec{E}_2$ напряженностей находим по формулам:

$$E_1 = \frac{kq_1}{r_1^2} \quad , E_2 = \frac{kq_2}{r_2^2}$$ ,где $r_1$=0,2 м, $r_2$=0,1 м.

Задача№2

Между горизонтальными пластинами заряженного конденсатора, напряжённость которого 49 Н/Кл, находится в равновесии пылинка, имеющая заряд $2 \cdot 10^{-8}$ Кл. Какова её масса?

Задача№3

Удаётся ли зарядить металлический стержень натиранием о мех или бумагу, если не удаётся, объясните, когда это возможно и проделайте это.

## Практическая работа № 2

**Тема:** Изучение закона Ома для полной цепи

**Цель работы**: измерить ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.

**Оборудование, средства измерения**: 1) источник питания, 2) проволочный резистор сопротивлением 2 Ом, 3) амперметр, 4) ключ, 5) вольтметр, 6) соединительные провода.

**Ход работы**

**Теоретическое обоснование**

Экспериментальная установка изображена на рисунке 1. К источнику тока 1
подключается резистор 2, амперметр 3 и ключ 4. ЭДС источника тока непосредственно измеряется вольтметром 5.

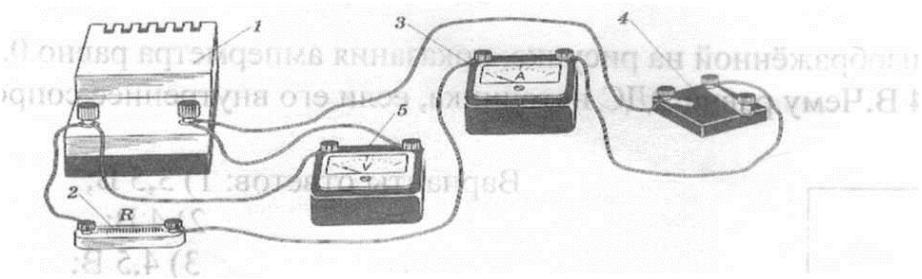



Рис 1

Согласно закону Ома сила тока I в замкнутой цепи с одним источником питания определяется выражением: $I = \frac{\xi}{r + R}$ (1)

Отсюда: $Ir + IR = \xi$ (2)

Из формулы (2) можно найти внутреннее сопротивление r источника тока, ЭДС которого предварительно измеряют вольтметром:

$$r = \frac{\xi - IR}{I} = \frac{\xi}{I} - R \quad (3)$$

Сила тока I измеряется амперметром.

**Практическая часть:.**

1. Начертите схему цепи.
2. Соберите цепь по схеме.
3. Измерьте вольтметром ЭДС источника тока при разомкнутой цепи

ε= В.

4. Снимите показания вольтметра и амперметра при замкнутой цепи.
5. Все измерения занесите в таблицу.
6. Вычислите г (внутреннее сопротивление источника тока).

*Таблица.1*

| $\xi$, В | U, В | I, А | R, Ом | r, Ом | Класс точности амперметра | Класс точности вольтметра | $\Delta\xi$ | $\Delta I$ | $\Delta R$ | $\Delta r$ | $U_{max}$, В | $I_{max}$, А |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| | | | | | | | | | | | | |

**7. Рассчитайте погрешности:**

а) $\Delta\xi = U_{\max} \times \frac{k_V}{100} =$

$\xi \pm \Delta\xi =$

б) $\Delta I = I_{\max} \times \frac{k_A}{100} =$

в) $\Delta R = R \times \varepsilon = R \times \frac{\Delta R}{R} = R \times 0{,}03 =$

$\Delta r = \frac{\xi}{I}(\frac{\Delta\xi}{\xi} + \frac{\Delta I}{I}) + \Delta R =$

–

***r + Ar =***

Решите задачу:

В цепи, изображённой на рисунке 2, показания амперметра равно 0,5 А, вольтметра - 4 В.Чему равна ЭДС источника, если его внутреннее сопротивление 1 Ом?

Варианты ответов: 1) 3,5 В;

2) 4 В;
3) 4,5 В;
4) 5 В.

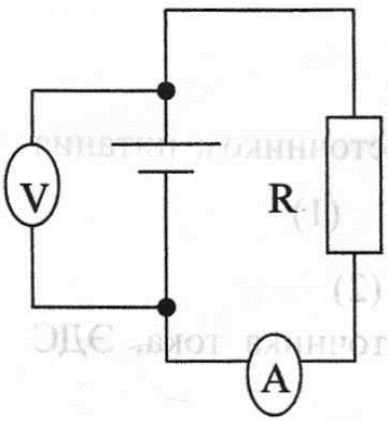



Рис №2

**Практическая работа № 3**

**Тема:** Параллельное соединение резисторов

**Цель работы:** изучить законы протекания тока через параллельно соединенные проводники (резисторы) и экспериментально проверить закон Ома.

**Оборудование:**

1. Блок генераторов напряжений ГН2, в данной работе используется генератор регулируемого постоянного напряжения 0…15 В (в генераторе обязательно включить его внутреннее сопротивление $R_{ВН}$!!!).

2. Блок амперметра-вольтметра АВ1.

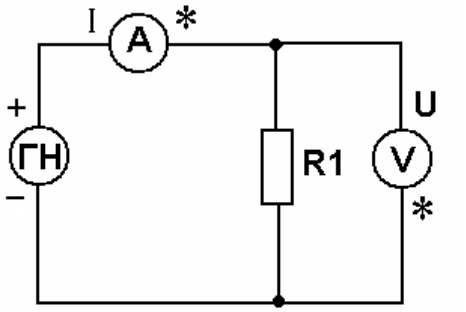
3. Стенд с объектами исследования С3-ЭТ01, в данной работе используются

резисторы R1 = 150 Ом и R4 = 270 Ом.

**Ход работы:**

**Опыт №1**. 1.1. Собрать электрическую схему, показанную на рисунке №1:

**1.2. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.**




1.3. На блоке амперметра-вольтметра нажать кнопку «Сеть», остальные три кнопки выбора: мА, мкА, = и ≈ должны быть отжаты.

1.4. Пределы на амперметре и вольтметре установить

на 20 мА и 20В.

1.5. На блоке генераторов ГН нажать кнопку «Сеть» и в генераторе 0…15 В включить его внутреннее сопротивление $R_{ВН}$.

Рис.№1

1.6. Наблюдая за показаниями вольтметра регулятором установить выходное напряжение

с генератора **U = 2В**

1.7. Показания приборов записать в таблицу №1 (столбцы 2 и 4).

**1.8. Отключить генератор и приборы кнопками «Сеть».**

**Опыт №2.** 2.1. Сделать следующее изменение в схеме: вместо резистора R1 подсоединить резистор R4.

2.2. Вновь выполнить пункты с 1.3. по 1.8.

**Опыт №3.** 3.1. Собрать электрическую схему, показанную на рисунке №2.

3.2. **Предъявить собранную схему для проверки преподавателю!!!**

3.3. Вновь выполнить пункты с 1.3. по 1.8. Если будет необходимо, то предел амперметра установить на 200мА.

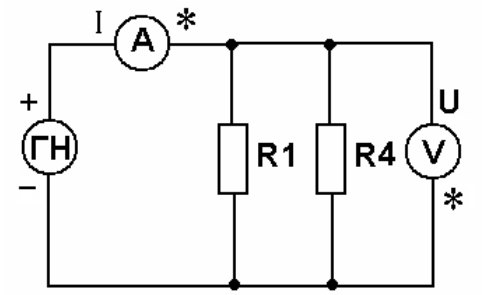



Рис.№2

Таблица №1

| № опыта | | $R_{зад}$ | $U_{уст}$ | $g_{расч}$ | $I_{изм}$ | | $P_{расч}$ | $I_{расч}$ | ΔI | γ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Ед. изм.** | Ом | В | См | mA | A | Вт | A | A | % |
| | Схема | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Рис.№1 с резистором R1 | | | | | | | | | |
| 2 | Рис.№1 с резистором R4 | | | | | | | | | |
| 3 | Рис.№2<br>Вся цепь | | | | | | | | | |

**Порядок выполнения расчетов.**

4.1. Рассчитать $\mathbf{R_{зад}}$ для всей цепи (расчет должен быть показан в отчете), результат занести в таблицу №1 (столбец 1).

4.2. Перевести значения тока $I_{изм}$ из мА в амперы, результаты занести в таблицу №1

(столбец 5).

4.3. Рассчитать силу тока $\mathbf{I_{расч}}$ по закону Ома для участка цепи (все расчеты должны быть показаны в отчете), результаты занести в таблицу №1 (столбец 7).

4.4. Заполнить все остальные столбцы таблицы, используя дополнительные расчетные формулы:

Проводимость участка цепи $g_{расч} = 1/ R_{зад;}$

Расчетная мощность $P_{расч} = U_{изм} * I_{изм;}$

Абсолютная погрешность измерения $\Delta I = I_{изм} - I_{расч}$ ;

Относительная погрешность измерения $\gamma = (\Delta I/ I_{расч})*100\%$

(все данные расчеты должны быть показаны в отчете)

4.5. Убедиться, что: $U = const$; $I_Ц = I_1 + I_2 + I_3$ ; $1/R_Ц = 1/R_1 +1/ R_2 + 1/R_3$ ;



$P_Ц = P_1 + P_2 + P_3$; $g_Ц = g_1 + g_2 + g_3$

(все данные расчеты должны быть выполнены в отчете).

4.6. Сделать вывод по пункту 2.5. - как выполняются законы параллельного соединения.

4.7. Составить отчет по выполнению лабораторно-практической работы, соблюдая правила оформления и сдать преподавателю.

## Практическая работа №4

**Тема:** Последовательное соединение резисторов

**Цель работы:** изучить законы протекания тока через последовательно соединенные проводники (резисторы) и экспериментально проверить закон Ома.

**Оборудование:**

1. Блок генераторов напряжений ГН2, в данной работе используется генератор регулируемого постоянного напряжения 0…15 В (в генераторе обязательно включить его внутреннее сопротивление $R_{ВН}$!!!).

2. Блок амперметра-вольтметра АВ1.

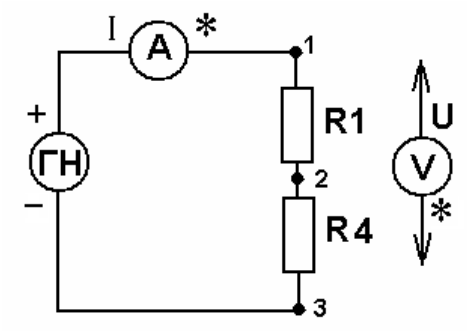
3. Стенд с объектами исследования С3-ЭТ01, в данной работе используются

резисторы R1 = 150 Ом и R4 = 270 Ом.

**Ход работы:**

**1. Практическая часть:**

1.1. Собрать электрическую схему, показанную на рисунке №1:




1.2. Подсоединить вольтметр к точкам 1 и 3 схемы.

**1.3. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю..!!!**

1.4. На блоке амперметра-вольтметра нажать кнопку «Сеть», остальные три кнопки выбора: мА, мкА, = и ≈ должны быть отжаты.

1.5. Пределы на амперметре и вольтметре установить соответственно на 20 мА и 20В.

Рис.№1

1.6. На блоке генераторов ГН нажать кнопку «Сеть» и в генераторе 0…15 В включить его внутреннее сопротивление $R_{ВН}$!.

1.7. Наблюдая за показаниями вольтметра регулятором установить выходное напряжение

с генератора **U = 3В.**

1.8. Показания приборов записать в таблицу №1 (столбцы 2 и 3 – вся цепь).

1.9. Измерить напряжение на резисторе R1, для этого подсоединить вольтметр к точкам 1 и 2 схемы. Показания приборов записать в таблицу №1 (столбцы 2 и 3).

1.10. Измерить напряжение на резисторе R2, для этого подсоединить вольтметр к точкам 2 и 3 схемы. Показания приборов записать в таблицу №1 (столбцы 2 и 3).

**1.11. Отключить генератор ГН и приборы кнопками «Сеть».**

Таблица №1

| | $R_{зад}$ | $U_{изм}$ | $I_{изм}$ | | $P_{расч}$ | $I_{расч}$ | $\Delta I$ | $\gamma$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ед. изм.** | Ом | В | mA | А | Вт | А | А | % |
| **Участок цепи** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| R1 | | | | | | | | |
| R4 | | | | | | | | |
| Вся цепь | | | | | | | | |

**2.Порядок выполнения расчетов.**

2.1. Рассчитать $\mathbf{R_{зад}}$ для всей цепи (расчет должен быть показан в отчете), результат занести в таблицу №1 (столбец 1).

2.2. Перевести значения тока $I_{изм}$ из мА в амперы, результаты занести в таблицу №1



(столбец 4).

2.3. Рассчитать силу тока $\mathbf{I_{расч}}$ по закону Ома для участка цепи (все расчеты должны быть показаны в отчете), результаты занести в таблицу №1 (столбец 6).

2.4. Заполнить все остальные столбцы таблицы, используя дополнительные расчетные формулы:

Расчетная мощность $P_{расч} = U_{изм} * I_{изм}$ ;

Абсолютная погрешность измерения $\Delta I = I_{изм} - I_{расч}$ ;

Относительная погрешность измерения $\gamma = (\Delta I / I_{расч})*100\%$

(все данные расчеты должны быть показаны в отчете)

2.5. Убедиться, что:

$I = const$; $U_Ц = U_1 + U_2 + U_3$ ;

$R_Ц = R_1 + R_2 + R_3$ ; $P_Ц = P_1 + P_2 + P_3$;

(все данные расчеты должны быть выполнены в отчете).

2.6. Сделать вывод по пункту 2.5 - как выполняются законы последовательного соединения.

2.7. Составить отчет по выполнению лабораторно-практической работы, соблюдая правила оформления и сдать преподавателю.

## Практическая работа № 5

**Тема:** Измерительные системы электромеханических приборов.

**Цель работы:** Расшифровка электроизмерительных приборов различных систем.

**Оборудование практической работы:**

1 .Таблица

2.Приложение

3.Техническая литература.

**Ход работы**

**Теоретическое обоснование**

Все электромеханические приборы состоят из измерительной цепи и измерительного механизма.

Измерительная цепь является преобразователем измеряемой величины X. Измерительный механизм является преобразователем подведённой к нему электрической энергии в механическую энергию.

Входные величины создают механические силы, действующие на подвижную часть. Обычно в механизмах подвижная часть может только поворачиваться вокруг оси, поэтому механические силы, действующие на механизм, создают момент M, который называется вращающим.

В зависимости от физических явлений, положенных в основу создания вращающего момента или, другими словами, от способа преобразования электромагнитной энергии, подводимой к прибору, в механическую энергию подвижной части, электромеханические приборы делятся на следующие основные системы: магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, ферродинамические, индукционные, электростатические и т.д.

**Практическая часть**

Выполнить задания:

- расшифровать прибор, изображённый на рисунке;

- указать вид шкалы;

- указать численное значение наибольшей основной приведённой погрешности;

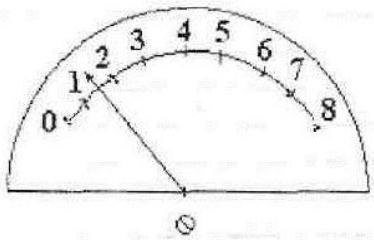
- описать устройство и принцип действия прибора, изображённого на карточке (см. приложение);

- указать достоинства и недостатки прибора данной системы (см. приложение).

Таблица – Данные для выполнения заданий.

| № рисунка | № задания | Вид прибора |
|---|---|---|
| 1 | 1 | ⊥ ∩ 1,5 ☆ ∠30° |
| 2 | 2 | ≃ ⋐ 0,5 ☆ ⊥ |

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 3 | ≃ 0,2 |
| 2 | 4 | ~ 0,1 ⊥ |
| 1 | 5 | 0,05 ∠60° |
| 2 | 6 | 1,5 ∠30° |
| 1 | 7 | 1,0 ∠30° |
| 2 | 8 | ≃ 2,5 |
| 1 | 9 | ~ 1,5 ∠60° |
| 2 | 0 | ~ 0,05 ⊥ |



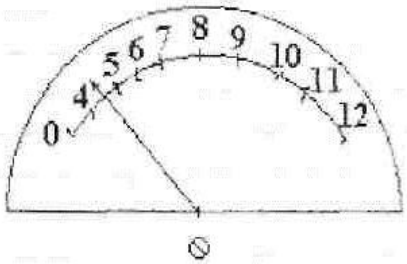




Рисунок 1 Рисунок 2

**Отчет о работе.**

- расшифрованы приборы, изображённые на рисунке;

- указаны вид шкал;

- указано численное значение наибольшей основной приведённой погрешности;

- описано устройство и принцип действия прибора, изображённого на карточке

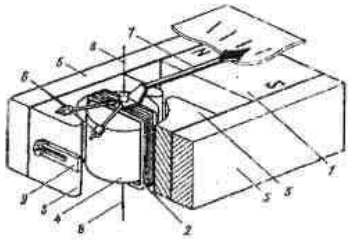
- указаны достоинства и недостатки прибора данной системы

**Вывод:** Расшифрованы электроизмерительные приборы различных систем

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

## Магнитоэлектрическая система

Работа механизмов основана на взаимодействии магнитного потока постоянного магнита и тока, проходящего по катушке (рамке). Возникающий при этом вращающий момент отклоняет подвижную часть механизма относительно неподвижной.



1 – сильный постоянный магнит; 2 – катушка (рамка) прямоугольной формы; 3 – полюсные наконечники; 4 – цилиндрический сердечник; 5 – магнитопровод; 6 – грузики; 7 – стрелка, 8 – растяжки

Рисунок 1 – Магнитоэлектрический механизм с внешним магнитом

Ток к рамке подводится через две спиральные пружины, которые одновременно служат для создания противодействующего момента. Момент, создаваемый пружиной, пропорционален углу закручивания, поэтому

$$M_{пр} = k_2 \cdot \alpha \text{ ,}$$

где $k_2$ – постоянный коэффициент;

α – угол поворота рамки (равный углу закручивания пружины).

Учитывая, что в момент отсчета, когда стрелка неподвижна, $M_{вр}=M_{пр}$ получаем

$$k_1 \cdot I = k_2 \cdot \alpha \text{ .}$$

Из этого равенства находим

$$\alpha = \frac{k_1}{k_2} \cdot I = k \cdot I.$$

Таким образом, угол поворота рамки и стрелки-указателя пропорционален току, т.е. прибор может быть отградуирован как амперметр, и иметь равномерную шкалу.

На основании закона Ома имеем,

$$I = \frac{U}{R_n},$$

где U – напряжение на зажимах прибора;

$R_n$ – электрическое сопротивление рамки прибора.

После подстановки получаем

$$\alpha = \frac{k}{R_n} \cdot U.$$

Поскольку отношение $\frac{k}{R_n}$ для данного прибора – величина постоянная, последнее выражение показывает, что прибор может быть отградуирован как вольтметр.

Успокоение в механизме магнитоиндукционное.

**Достоинства** магнитоэлектрического механизма:

- большая чувствительность;
- малое собственное потребление мощности;
- малое влияние внешних магнитных полей;
- имеет равномерную шкалу.

**Недостатки:**

- сложность конструкции;
- чувствительность к перегрузкам;
- пригодность работы только на постоянном токе.

## Электродинамическая система

Работа механизмов основана на взаимодействии магнитных полей двух катушек с токами – неподвижной 1 и подвижной 2 (рисунок 2).

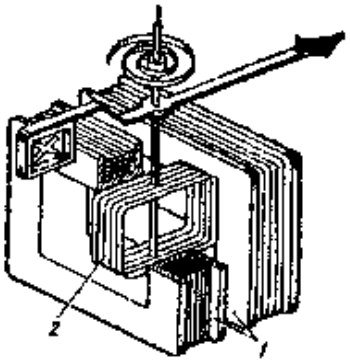



Рисунок 2 – Электродинамический измерительный механизм

Подвижная катушка, укрепленная на оси или растяжках, может поворачиваться внутри неподвижной. При протекании в обмотках катушек токов $I_1$ и $I_2$ возникают электромагнитные силы, стремящиеся так повернуть подвижную часть, чтобы магнитные потоки подвижной и неподвижной катушек совпали.

Успокоение – воздушное или магнитоиндукционное.

**Достоинства** электродинамических механизмов:

- одинаковые показания на постоянном и переменном токе;
- стабильность показаний во времени.

**Недостатки:**

- невысокая чувствительность;
- большое собственное потребление мощности;
- чувствительность к перегрузкам;
- влияние внешних магнитных полей;
- влияние температуры окружающей среды.

**Ферродинамическая система**

Механизмы ферродинамической системы отличаются от электродинамических механизмов тем, что неподвижная катушка имеет магнитопровод из магнитомягкого листового материала,

Существует две конструкции ферродинамических механизмов – одно- и двухкатушечные.

Успокоение - жидкостное и магнитоиндукционное.

**Достоинства** ферродинамических механизмов:

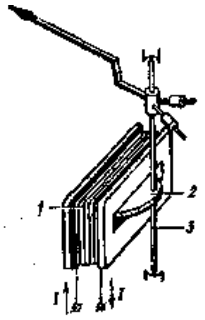
- малая восприимчивость к внешним магнитным полям;
- малое собственное потребление мощности;
- большой вращающий момент.

**Недостатки**:

- низкий частотный диапазон;
- низкая точность.

## Электромагнитная система

Работа механизмов основана на взаимодействии магнитного поля, созданного неподвижной катушкой, по обмотке которой протекает измеряемый ток с ферромагнитным сердечником, эксцентрично укрепленным на оси (рисунок 3).




1 – плоская катушка; 2 – сердечник; 3 – опоры или растяжки

Рисунок 3 – Электромагнитный механизм с плоской катушкой

Вращающий момент пропорционален квадрату тока, так как магнитные поля катушки и сердечника создаются одним и тем же измеряемым током, протекающим по катушке:

$$M_{вр} = k_1 \cdot I^2; \; M_{пр} = k_2 \cdot \alpha;$$

$$k_1 \cdot I^2 = k_2 \cdot \alpha;$$

$$\alpha = \frac{k_1}{k_2} \cdot I^2 = k \cdot I^2 = \frac{k}{R_n^2} \cdot U^2$$

Последнее выражение показывает, что угол отклонения стрелки пропорционален квадрату тока или напряжения. Шкала прибора квадратичная, сжатая в начале, т.е. неравномерная.

**Достоинства** электромагнитных механизмов:

- пригодность для работы на постоянном и переменном токе;
- устойчивость к токовым перегрузкам;
- простота конструкции.

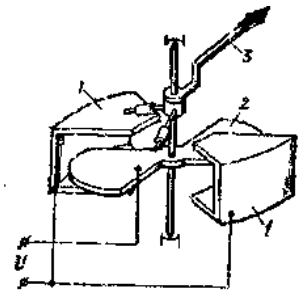
**Недостатки:**

- влияние внешних магнитных полей;

- неравномерность шкалы;
- большое собственное потребление мощности.

**Электростатическая система**

Перемещение подвижной части происходит под действием энергии электрического поля системы двух или нескольких электрически заряженных проводников (рисунок 4) и связано с изменением емкости системы.




1 – электроды; 2 – секторообразная пластина; 3 – указатель

Рисунок 4 – Электростатический измерительный механизм

**Достоинства** электростатических механизмов:

- не влияют частота и форма кривой приложенного напряжения;
- не влияют температура и внешние магнитные поля.

**Недостатки:**

- оказывают влияние внешние электрические поля;
- малая чувствительность.

**Выпрямительная система**

Для того чтобы магнитоэлектрические механизмы можно было использовать для измерения на переменном токе, нужно преобразовать переменный ток в постоянный.

В качестве преобразователей переменного тока в постоянный широкое распространение получили полупроводниковые выпрямители. Выпрямительный прибор представляет собой сочетание магнитоэлектрического измерительного механизма с выпрямителем на полупроводниковых диодах.

Схема измерительного механизма с однополупериодным выпрямителем представлена на рисунке 5.

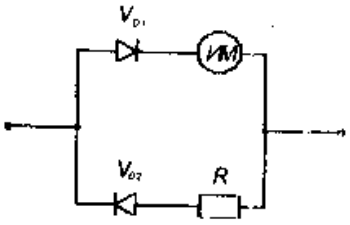
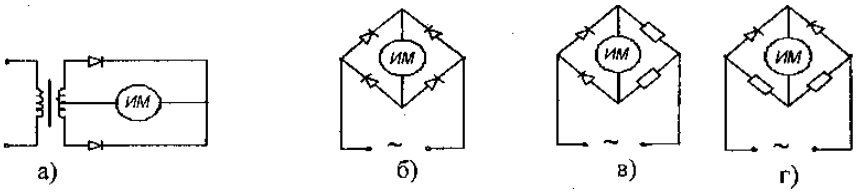



Рисунок 5 – Схема измерительного механизма

Схема измерительного механизма с двухполупериодным выпрямителем представлена на рисунке 5.




а) трансформаторная; б) мостовая; в, г) схемы мостовые с заменой диодов резисторами

Рисунок 5 – Схемы измерительных механизмов

**Достоинства приборов:**

- высокая чувствительность;
- малое собственное потребление мощности;
- широкий частотный диапазон.

**Недостатки:**

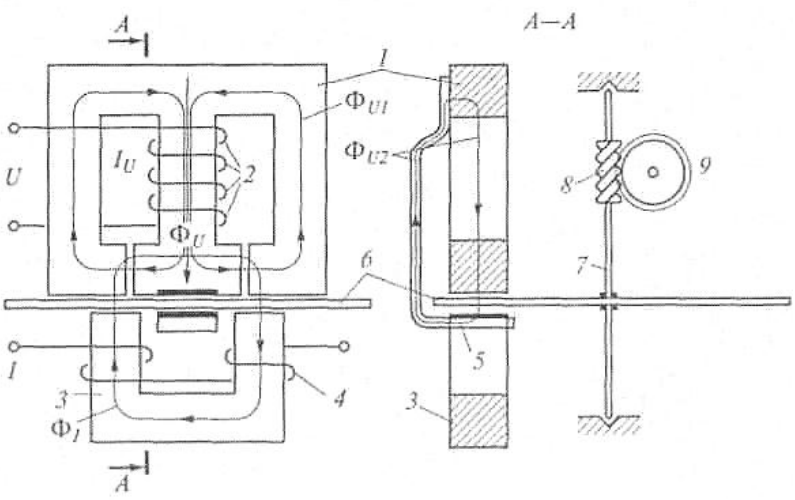
- невысокая точность;
- зависимость показаний от формы кривой измеряемой величины.

## Индукционная система

**Конструкция и принцип действия.** Принцип действия индукционных приборов основан на взаимодействии двух или нескольких переменных магнитных потоков с токами, индуцированными в подвижном проводнике (например, диске). Типичным представителем этой системы является классический *индукционный счетчик* – измеритель активной энергии.

Рассмотрим устройство и принцип действия индукционного однофазного счетчика активной энергии. На рисунке 6 показана упрощенная конструкция такого прибора. Основными элементами являются два магнитопровода со своими обмотками (напряжения и токовой), вращающийся диск и счетный механизм. Как и ваттметр, счетчик содержит

обмотки тока и напряжения. Включается счетчик в цепь так же, как и ваттметр.




1 – магнитопровод обмотки напряжения; 2 – обмотка напряжения; 3 – магнитопровод обмотки тока; 4 – обмотка тока; 5 – противополюс; 6 – диск; 7 — ось; 8 – червячная передача; 9 – счетный механизм

Рисунок 6 – Схема поясняющая принцип действия счетчика

**Номинальная постоянная счетчика.** Число оборотов диска, приходящееся на единицу учитываемой счетчиком энергии, называют передаточным числом счетчика. Например, в паспорте сказано «2000 оборотов соответствуют 1 кВт • ч». Коэффициент, обратный передаточному числу, т.е. энергия, приходящаяся на один оборот диска, называется *номинальной постоянной счетчика* $C_{ном}$. Например:

$$C_{ном} = 3600\frac{1000}{2000} = 1800\frac{Вт \cdot с}{об.}$$

Зная $C_{ном}$ и число оборотов $N$, можно определить потреблению активную энергию:

$$W = C_{ном}N$$

Классы точности индукционных счетчиков (задаются относительной погрешностью) обычно невысоки: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 4,0.

## Практическая работа № 6

**Тема:** Исследование смешанного соединения резисторов. Проверка закона Ома и



Кирхгофа

**Цель работы**: изучение последовательного, параллельного и смешанного соединений сопротивлений; экспериментальная проверка законов Ома, Кирхгофа и баланса мощностей.

**Ход работы**

**Теоретическое обоснование**

В данной работе исследуется электрическая цепь, состоящая из трех резисторов при их последовательном, параллельном и смешанном соединениях.

При последовательном соединении сопротивлений (рис. 2.1, а) общее сопротивление цепи равно сумме сопротивлений, входящих в состав цепи, т. е.

$$R_{общ} = R_1 + R_2 + R_3.$$

При параллельном соединении сопротивлений (рис. 2.1, б) общая проводимость цепи равна сумме проводимостей отдельных ее ветвей:

$$G_{общ} = G_1 + G_2 + G_3,$$

где $G_n = \frac{1}{R_n}$ – проводимость соответствующего участка электрической цепи, См (Сименс).

При смешанном соединении сопротивлений (рис. 2.1, в) общее сопротивление цепи определяется как сумма сопротивлений последовательного и параллельного участков цепи:

$$R = R_1 + R_{ab} + R_2,$$

где $R_{ab} = \frac{1}{G_{ab}}$; $G_{ab} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}$.

а б в

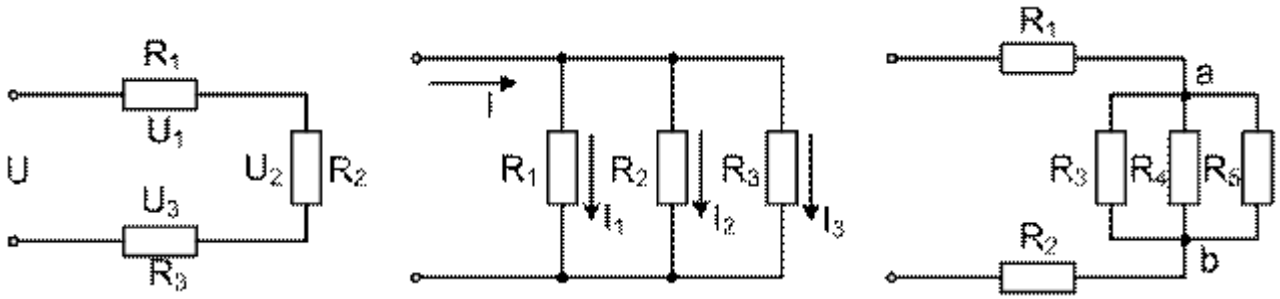


Рис. 2.1. Электрические цепи соединения сопротивлений: а – последовательное; б – параллельное; в – смешанное

Закон Ома устанавливает связь между током $I$ и напряжением $U$ на некотором участке цепи. Ток в проводнике прямо пропорционален напряжению между концами проводника и обратно пропорционален сопротивлению этого же проводника, т. е. $I = \frac{U}{R} = U \cdot G$.

1-й закон Кирхгофа. Алгебраическая сумма токов, подтекающих к любому узлу разветвленной электрической цепи, равна нулю $\sum I = 0$, или сумма подтекающих к любому узлу токов равна сумме оттекающих от узла токов (рис. 2.1, б): $I_1 - I_2 - I_3 - I_4 = 0$, или $I_1 = I_2 + I_3 + I_4$.

2-й закон. Алгебраическая сумма падений напряжений в любом замкнутом контуре электрической цепи равна алгебраической сумме эдс вдоль того же контура (рис. 2.1, а), т. е. $\sum I \cdot R = \sum E$, или алгебраическая сумма напряжений (не падений напряжений) вдоль любого замкнутого контура равна нулю, т. е. $\sum U_к = 0$: $U_1 + U_2 + U_2 = U$, или $U - U_1 - U_2 - U_3 = 0$.

Закон Джоуля–Ленца устанавливает связь между энергией, выделяемой в сопротивлении нагрузки, и током, проходящим через него:

$$W_R = \int_0^T R \cdot i^2 dt$$, при $i = I = const$; $W_R = I^2 \cdot R \cdot T$, Дж;

$$\frac{W_R}{T} = P = I^2 \cdot R = G \cdot U^2$$, Вт, – мощность нагрузки.

Баланс мощностей (закон сохранения энергии в электрической цепи). Суммарная мощность источников электрической энергии $P_и$ равна общей мощности, поглощаемой сопротивлениями нагрузки (потребителями) $P_н$, входящими в состав цепи, т. е.

$$P_и = \sum_{d=1}^{m} I_d E_d = P_н = \sum_{k=1}^{n} R_k \cdot I_k^2.$$

Относительная ошибка $\delta$ должна быть меньше наперед заданного числа, например 5 %:

$$\delta = \frac{P_и - P_н}{P_и} \cdot 100\% < 5\%.$$

Порядок выполнения работы

1. Собрать схему (рис. 2.2). Измерить напряжение на каждом сопротивлении и на входе цепи. Записать показание амперметра. Вычислить сопротивление каждого участка и всей цепи. Рассчитать мощность, потребляемую каждым сопротивлением. Измеренные и вычисленные значения занести в первую строку табл. 2.1. Убедиться, что $U = U_1 + U_2 + U_3$, $R = R_1 + R_2 + R_3$, $P = P_1 + P_2 + P_3$.

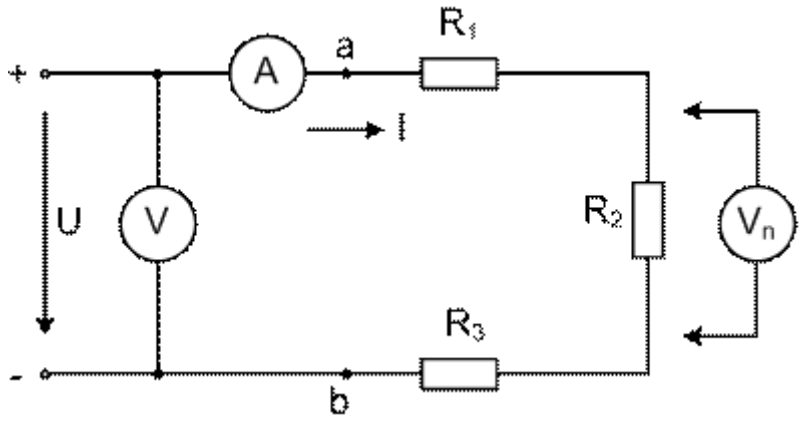



Рис. 2.2. Схема неразветвленной цепи при последовательном соединении сопротивлений

2. Собрать схему (рис. 2.3). Измерить напряжение и общий ток. Зная из предыдущего опыта значения сопротивлений $R_1$, $R_2$ и $R_3$, определить проводимости ветвей, токи в каждой ветви и мощность на каждом участке цепи. Результаты измерений и вычислений занести во вторую строку табл. 2.1. Убедиться, что $I = I_1 + I_2 + I_3$, $G = G_1 + G_2 + G_3$, $P = P_1 + P_2 + P_3$.

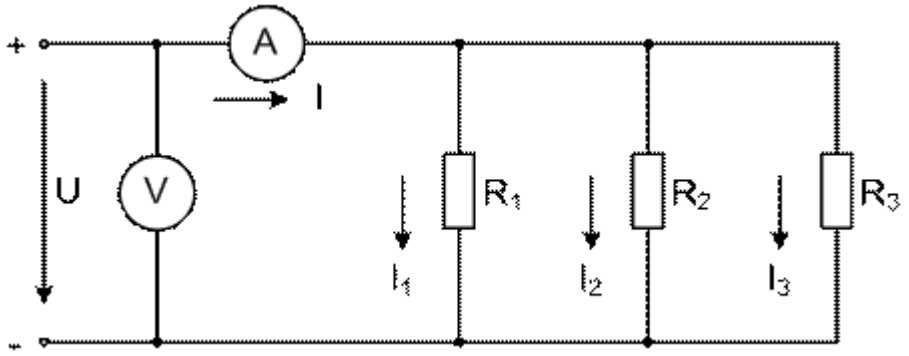



Рис. 2.3. Схема разветвленной цепи при параллельном соединении сопротивлений

3. Собрать схему (рис. 2.4). Измерить ток и напряжение на каждом сопротивлении и во всей цепи. Рассчитать ток и мощность в каждой ветви.

Результаты измерений и расчетов занести в третью строку табл. 2.1. Убедиться, что $I_1 = I_2 + I_3$, $U = U_1 - U_{23}$, $R = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$, $P = P_1 + P_2 + P_3$.

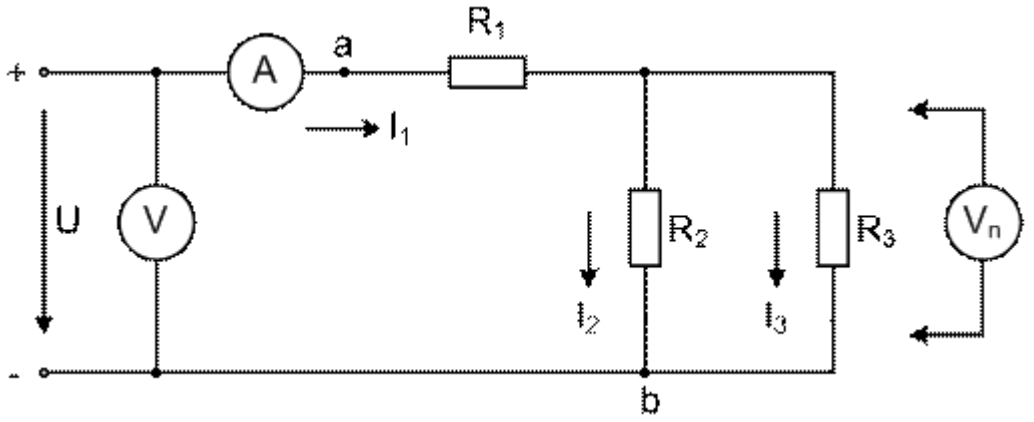



Рис. 2.4. Схема разветвленной цепи при смешанном соединении сопротивлений

Таблица 2.1

Показания приборов и результаты расчетов

| Вид соединения сопротивлений | Напряжение, В | | | | Ток, А | | | | Сопротивление, Ом | | | | Мощность, Вт | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | U | $U_1$ | $U_2$ | $U_3$ | I | $I_1$ | $I_2$ | $I_3$ | R | $R_1$ | $R_2$ | $R_3$ | P | $P_1$ | $P_2$ | $P_3$ |
| Последовательное (рис. 2.2) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Параллельное (рис. 2.3) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Смешанное (рис. 2.4) | | | | | | | | | | | | | | | | |

4. Сформулировать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятий «ветвь», «контур», «узел».

2. Чему равно общее сопротивление цепи при последовательном соединении сопротивлений?

3. Чему равна общая проводимость цепи при параллельном соединении сопротивлений?

4. Чему равно общее сопротивление цепи при смешанном соединении сопротивлений?

5. Как понимается и читается закон Ома для заданных схем?

6. Как понимаются и читаются законы Кирхгофа для заданных схем?

7. Каким законом электротехники определяется мощность, развиваемая в сопротивлении при протекании электрического тока?

8. Что такое баланс мощностей?

## Практическая работа № 7

**Тема:** Контрольная работа по теме «Электрические цепи постоянного тока»

**Цель работы:** проверить уровень знаний по указанной теме

### Вариант 1.

1.Два положительных заряда *q* и *2q* находятся на расстоянии 10 *мм*. Заряды взаимодействуют с силой 0,72мН. Как велик каждый заряд?

2. Заряд 5нКл находится в электрическом поле с напряжённостью 8нКл.. С какой силой поле действует на заряд?

3. Площадь пластины слюдяного конденсатора 15см3, а расстояние между пластинами 0,02см. Какова ёмкость конденсатора?

4. Сила тока в проводнике 0,7 А при напряжении на его концах 35В. Чему равно сопротивление этого проводника?

5. Какое количество теплоты выделяется за *1 мин* в нити накала лампы сопротивлением 250 Ом при силе тока *0,2А ?*

6.ЭДС элемента 1,5В, а внутреннее сопротивление 0,5 Ом. Какова сила тока в цепи, если сопротивление внешней цепи равно 2 Ом ?

## Вариант *2*

1. На каком расстоянии нужно расположить два заряда *5нКл* и *6нКл,* чтобы они отталкивались с силой 0,1*2Н ?*

2. Сколько избыточных электронов содержит пылинка, если в ней в электрическом поле с напряжённостью 1,5* 10 В/м на неё действует сила 2,4-10 $^{-10}$ Н ?

3. Имеются два конденсатора: $C_1$*=2мкФ* и $C_2$ *=4 мкФ*. Найти их общую ёмкость при параллельном и последовательном соединении.

4. На цоколе электрической лампочки написано 3,5В; 0,28А. Найдите сопротивление спирали лампочки.

5. Какую работу совершает электрический ток за 10 мин. на участке цепи,
если напряжение на этом участке 36В, а сила тока 0,5А ?

6. ЭДС источника тока равна 5В. К источнику присоединили лампу, сопротивление которой *12 Ом*. Найдите силу тока в лампе, если внутреннее сопротивление источника равно *0,5 Ом.*

Критерий оценок

«3» - 1,3,4

«4» - 1-4

«5» - любые 5 задач

## Практическая работа № 8

**Тема:** Полное исследование цепи трехфазного переменного тока

**Цель:** проверить соотношения между фазными и линейными напряжениями для однофазных приемников, соединенных звездой; исследовать влияние нулевого провода на значения фазных напряжений при симметричной и несимметричной нагрузках.

**Оборудование:**

1. Генератор напряжений ГН 2, в данной работе используется генератор трехфазного напряжения с частотой 1000 Гц.

2. Блок амперметра-вольтметра АВ1.

3. Стенд с объектами исследования С3-ЭТ01.

**Ход работы.**

Собрать электрическую схему, показанную на рис. №1:

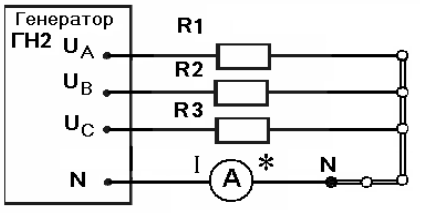



Рис. 1

**Опыт №1**.

1.1. В качестве активной **симметричной** нагрузки для электрической схемы рис.1 использовать следующие элементы стенда С3-ЭТ01:

-□ резисторы R1, R2, R3 по 150 Ом каждое.

**1.2. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю..!!!**

1.3. На блоке генератора ГН2 нажать кнопку «Сеть».

1.4. На блоке амперметра-вольтметра нажать кнопку «Сеть» и две кнопки выбора рода

тока (= ≈ ). Кнопка выбора: мА, мкА должна быть отжата.

1.6. Измерить вольтметром напряжения между линейными проводами. Показания вольтметра записать в таблицу №1 (столбцы 1, 2 и 3).

1.7. Снять показания амперметра и записать в таблицу №1 (столбец 7).

1.8. Измерить вольтметром напряжения на резисторах R1, R2 и R3. Показания вольтметра записать в таблицу №1 (столбцы 4, 5 и 6).

1.9. Измерить амперметром фазные токи. Для этого убрать амперметр из нулевого провода N – N, гнездо N на ГН2 соединить непосредственно с гнездом N на стенде. Провод от соответствующей фазы ($U_A$ $U_B$ и $U_C$) генератора ГН2 поочередно подключать к амперметру ( I ), а провод от амперметра ( * ) к соответствующему резистору.

Показания амперметра записать в таблицу № 1 (столбцы 8, 9 и 10).

1.10. Отсоединить нулевой провод от генератора ГН2 и вновь провести все измерения, заполнить строку 2 в таблице № 1.

1.11. Отключить генератор и блок амперметра-вольтметра кнопками «Сеть».

**Опыт №2**.

2.1. В качестве активной **несимметричной** нагрузки для электрической схемы рис.1 использовать следующие элементы стенда С3-ЭТ01:

-□ резисторы R1 = 150 Ом, R4 = 270 Ом, R5 = 390 Ом.

**2.2. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю..!!!**

2.3. Вновь выполнить пункты с 1.3. по 1.10. Заполнить таблицу № 2.

2.4. Отключить генератор и блок амперметра-вольтметра кнопками «Сеть».

Таблица №1

| Схема соединения | $U_{AB}$ | $U_{BC}$ | $U_{CA}$ | $U_A$ | $U_B$ | $U_C$ | $I_0$ | $I_A$ | $I_B$ | $I_C$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | В | В | В | В | В | В | мА | мА | мА | мА |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| С нулевым проводом | | | | | | | | | | |
| Без нулевого провода | | | | | | | – | | | |

Таблица №2

| Схема соединения | $U_{AB}$ | $U_{BC}$ | $U_{CA}$ | $U_A$ | $U_B$ | $U_C$ | $I_0$ | $I_A$ | $I_B$ | $I_C$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | В | В | В | В | В | В | мА | мА | мА | мА |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| С нулевым проводом | | | | | | | | | | |
| Без нулевого провода | | | | | | | – | | | |

**3. Порядок выполнения расчетов** (все расчеты должны быть показаны в отчете).

3.1. Рассчитать фазные мощности и общую мощность $\mathbf{P_1}$ и $\mathbf{P_2}$ (для несимметричной нагрузки только $P_1$), результаты занести в таблицу № 3.

Расчетные формулы:

$P_ф = U_ф * I_ф$;  $P_1 = P_A + P_B + P_C$;  $P_2 = \sqrt{3}\, U_Л\, I_Л \cos\varphi$

Таблица №3

| № опыта | $P_A$ | $P_B$ | $P_C$ | $P_1$ | $P_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | мВт | мВт | мВт | мВт | мВт |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| **1** | | | | | |
| **2** | | | | | – |

3.2. По данным таблицы № 1 проверить соотношения между фазными и линейными напряжениями (подтвердить расчетами).

3.3. По результатам опытных данных таблицы № 2 построить векторную диаграмму токов в масштабе (масштаб тока 1 мА – 2 мм). Измерить по диаграмме $I_0$ и сравнить с измеренным значением.

3.4. Сделать вывод о влиянии нулевого провода.

3.5. Составить отчет по выполнению лабораторно-практической работы, соблюдая правила оформления и сдать преподавателю.

## Рекомендуемая литература

### 1. Основная литература:


1. Гальперин, М.В. Электротехника и электроника учебник/ М.В. Гальперин,- М. «Форум»: ИНФРА-М , 2013 – 480 с.
2. Зайцев Т.А. Электротехника. Электроснабжение, электротехнология и электрооборудование строительных площадок: учеб. Пособие для студ. сред. проф. Образования/Т.А. Зайцев, Т.А. Нестерова - М: ИЦ «Академия», 2013.
3. Синдеев, Ю.Г. Электротехника с основами электроники: учеб. Пособие для проф. Училищ, лицеев и колледжей/Ю.Г. Синдеев 13-е изд., доп. и переработанное - Ростов Н/Д: «Феникс» 2014 – 407 с.


### 2. Дополнительная литература:

1. Пряшников В.А. «Электротехника в примерах и задачах»(+СД), С-Пб, «Корона»,2006.

2. Гальперин М.Ф. «Электротехника и электроника», М, Форум,2007.

3. Ярочкина Г.В.,Володарская А.А. «Рабочая тетрадь по электротехнике для НПО», М, ИР 110, «Академия»,2008.

4. Прошин В.М. «Рабочая тетрадь для лабораторных и практических работ по электротехнике», М, ИРТТО, «Академия»,2008.

5. Прошин В.М. «Лабораторно - практические работы по электротехнике», М, ИРГЮ, «Академия»,2008.

6. Новиков П.Н. «Задачник по электротехнике», М. «Академия»,2006, Се рия: Начальное профессиональное образование.

7. Дубина А.Г., Орлова С.С. « MS bxcei в электротехнике и электронике» С-Пб, «БХВ-Петербург»,2006.

## 3. Интернет-ресурсы:

- http://www.college.ru/enportal/physics/content/chapter4/section/paragraph8/theory.html (сайт содержит информацию по теме «Электрические цепи постоянного тока»);
- http://ftemk.mpei.ac.ru/elpro/ (сайт содержит электронный справочник по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии");
- http://www.toe.stf.mrsu.ru/demoversia/book/index.htm (сайт содержит электронный учебник но курсу «Электроника и схемотехника»);
- http://www.eltray.com. (мультимедийный курс «В мир электричества как первый раз»);
- http://www .edu.ru
- http://www.experiment.edu.ru