

**Департамент внутренней и кадровой политики Белгородской области
Областное государственное автономное образовательное учреждение среднего
профессионального образования
“Губкинский горно-политехнический колледж”**

**Методические указания по выполнению
практических занятий**

По дисциплине «Основы электротехники»

По профессии (профессиям) 150709.02 Сварщик (электросварочные и газосварочные работы)

Разработал преподаватель: Марченко И.В.

Рассмотрено и одобрено ПЦК

« » 20__ год Протокол № _____

Председатель комиссии О.В.Яковлева

Рекомендовано к использованию МС

« » 20__ год Протокол № _____

2014 год

Пояснительная записка

Цель изучения основ электротехники - дать обучающимся знания и навыки применения ее основных законов, устройств и принципа действия электроизмерительных приборов, электрических аппаратов и машин, электронных приборов и устройств. Для достижения этой цели учащимся необходимо усвоить физическую сущность электрических и магнитных явлений, их взаимную связь и количественные соотношения, овладеть необходимым математическим аппаратом для расчетов характеристик электротехнических цепей и устройств, нахождения их основных параметров.

Решение задач служит одним из средств овладения системой знаний по электротехнике, поможет учащимся более глубоко и всесторонне усвоить программный материал по предмету.

Описание каждой работы содержит: цель задания; основные понятия и ключевые термины, общие для нее; исходные данные для работы; контрольные вопросы. Практическое занятие проводится в учебном кабинете.

Форма проведения занятия – фронтальная, т.е. все обучающиеся выполняют одновременно одно и то же задание.

Задачи разбиты по разделам и темам в соответствии с программой курса «Основы электротехники». К задачам при необходимости прилагаются схемы или графики.

Содержание

	стр
Пояснительная записка	
Практическое занятие №1 Определение эквивалентного сопротивления электрической цепи.	
Практическое занятие №2 Решение задач с применением законов электрической цепи	
Практическое занятие №3 Расчёт трёхфазной электрической цепи.	
Практическое занятие №4 Изучение системы обозначений измерительных приборов и принципа действия их измерительных механизмов	
Практическое занятие №5 Изучение работы электронных транзисторных усилителей. ...	
Литература	

Практическое занятие №1 Определение эквивалентного сопротивления электрической цепи.

Цель работы: научиться рассчитывать сопротивление электрической цепи при различных способах соединения электроприёмников.

Краткие теоретические сведения

Электрическое сопротивление характеризует способность элемента поглощать электрическую энергию и преобразовывать ее в другие виды энергии. К распространённым элементам электрических цепей относятся резисторы. Резистор является необратимым преобразователем электромагнитной энергии в тепловую. Все проводящие электрический ток элементы обладают электрическим сопротивлением. Для проволочных резисторов сопротивление определяется по формуле

$$R = \rho l / S, \text{ где}$$

ρ - удельное сопротивление, Ом· м;

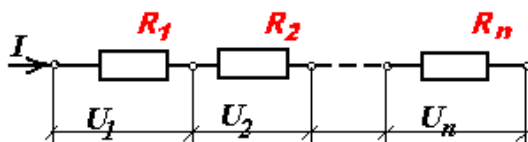
l - длина, м;

S - площадь

поперечного сечения, м²

Наиболее распространенные схемы включения резисторов – последовательное и параллельное их соединение.

При последовательном соединении по всем электроприёмникам протекает одинаковый ток.



1. $I_{\text{общ}} = I_1 = I_2 = \dots = I_n$

Сила тока, протекающего по всем элементам цепи, одинакова (в соответствии с определением).

2. $U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$

Падение напряжения в цепи равно сумме падений напряжений на всех элементах этой цепи (в соответствии со II законом Кирхгофа).

3. $R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$

Общее сопротивление цепи равно сумме сопротивлений всех электроприёмников.

При последовательном соединении общее сопротивление цепи всегда больше сопротивления любого из электроприёмников, включенных в цепь.

При параллельном соединении на все электроприёмники подаётся одинаковое напряжение.

1. $U_{\text{общ}} = U_1 = U_2 = \dots = U_n$

Падение напряжения в любой ветви равно падению напряжения во всей цепи (в соответствии со II законом Кирхгофа).

2. $I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$

Сила тока в общей ветви равна сумме токов во всех параллельных ветвях (в соответствии с I законом Кирхгофа).

Схема	Формула	Примечание
-------	---------	------------

	$R_{общ} = \frac{R}{n}, \text{ Ом}$	<p>– если параллельно включены n электроприёмников с одинаковыми сопротивлениями.</p>
	$R_{общ} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \right)^{-1},$ <p style="text-align: center;">Ом</p>	<p>– при параллельном соединении n электроприёмников, имеющих разные сопротивления.</p>
	$R_{общ} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}, \text{ Ом}$	<p>– если параллельно включены 2 электроприёмника с разными сопротивлениями.</p>

При параллельном соединении общее сопротивление цепи всегда меньше сопротивления любого из электроприёмников, включенных в цепь.

Пример расчёта

	<p>Рассчитать эквивалентное сопротивление цепи, если $R_1 = 5\text{Ом}$; $R_2 = 7\text{Ом}$; $R_3 = 6\text{Ом}$; $R_4 = 9\text{Ом}$; $R_5 = 3\text{Ом}$</p>
	<p>1. Определяем сопротивление резистора $R_{4,5}$. Резисторы R_4 и R_5 включены последовательно. $R_{4,5} = R_4 + R_5 = 9 + 3 = 12\text{Ом}$</p>
	<p>2. Определяем сопротивление резистора $R_{2,4,5}$. Резисторы R_2 и $R_{4,5}$ включены параллельно. $R_{2,4,5} = \frac{R_2 \cdot R_{4,5}}{R_2 + R_{4,5}} = \frac{7 \cdot 12}{7 + 12} = 4,42\text{Ом}$</p>
	<p>3. Определяем сопротивление резистора $R_{2,3,4,5}$. Резисторы R_3 и $R_{2,4,5}$ включены последовательно. $R_{2,3,4,5} = R_3 + R_{2,4,5} = 6 + 4,42 = 10,42\text{Ом}$</p>
	<p>4. Определяем сопротивление резистора $R_{экв}$. Резисторы $R_{2,3,4,5}$ и R_1 включены параллельно.</p>

$$R_{\text{экв}} = \frac{R_1 \cdot R_{2,3,4,5}}{R_1 + R_{2,3,4,5}} = \frac{5 \cdot 10,42}{5 + 10,42} = 3,38 \text{ Ом}$$

Ответ: эквивалентное сопротивление цепи $R_{\text{экв}}$ равно 3,38 Ом

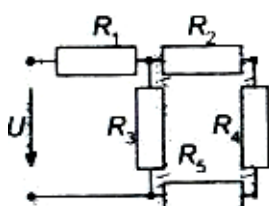
Ход работы

Задача 1. Как изменится сопротивление проволочного резистора:

а) при увеличении его длины в 2 раза; б) при уменьшении площади поперечного сечения провода в 3 раза; в) при одновременном увеличении длины в 4 раза, а диаметра провода в 2 раза?

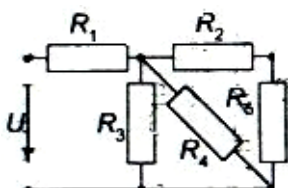
Задача 2. Для двух резисторов была выбрана проволока одной и той же длины, изготовленная из одного материала. При каком соотношении диаметров проволок сопротивление одного из резисторов будет: а) в 3 раза меньше; б) в 4 раза больше; в) в 10 раз больше сопротивления другого резистора?

Задача 4.



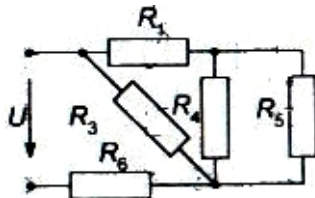
Рассчитать эквивалентное сопротивление цепи, если $R_1 = 20 \text{ Ом}$; $R_2 = 60 \text{ Ом}$; $R_3 = 30 \text{ Ом}$; $R_4 = 80 \text{ Ом}$; $R_5 = 50 \text{ Ом}$

Задача 5.



Рассчитать эквивалентное сопротивление цепи, если $R_1 = 150 \text{ Ом}$; $R_2 = 170 \text{ Ом}$; $R_3 = 160 \text{ Ом}$; $R_4 = 120 \text{ Ом}$; $R_5 = 100 \text{ Ом}$

Задача 6.



Рассчитать эквивалентное сопротивление цепи, если $R_1 = 100 \text{ Ом}$; $R_2 = 120 \text{ Ом}$; $R_3 = 90 \text{ Ом}$; $R_4 = 140 \text{ Ом}$; $R_5 = 70 \text{ Ом}$

Контрольные вопросы

1. Какие преобразования энергии происходят в резисторах?
2. От чего зависит сопротивление проволочных резисторов?
3. Дайте определение последовательного сопротивления пассивных элементов цепи.
4. Какая величина является общей для резисторов, включенных параллельно?
Последовательно?
5. Как изменится сопротивление цепи, если все резисторы включить последовательно? Параллельно?

Практическое занятие №2 Решение задач с применением законов электрической цепи

Цель работы: научиться рассчитывать силу тока и напряжение электрической цепи, применяя законы Ома, Кирхгофа.

Краткие теоретические сведения

Основным объектом электротехники является электрическая цепь, которая представляет собой совокупность устройств, предназначенных для создания, передачи и потребления электрического тока. Отдельные устройства, входящие в электрическую цепь, называют

также элементами электрической цепи. Свойства элемента определяются его параметрами: сопротивлением, индуктивностью и емкостью.

Электрические схемы замещения содержат ветви, узлы и контуры, для которых имеются исходные расчетные уравнения электрического состояния.

Наиболее обобщенная электрическая цепь включает в себя, в соответствии со схемой замещения источник электрической энергии 1, потребитель энергии 2 и соединительные провода 3. Как на внутреннем, так и на внешнем участках электрической цепи действует закон Ома

Мощность в электрической цепи определяется из соотношения

$$P_{\text{ип}} = U * I$$

$$P_{\text{эл}} = I^2 R$$

где $P_{\text{ип}} = U * I$ - мощность, отдаваемая источником электроэнергии;

$I^2 * R$ - мощность электроприёмника.

В соответствии с законом сохранения энергии

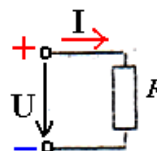
$$P_{\text{ип}} = P_{\text{эл}}$$

Электрический ток - направленное движение заряженных частиц.

Закон Ома для участка цепи

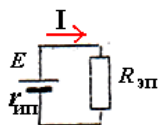
На участке электрической цепи, не содержащем источника питания, сила тока прямо пропорциональна напряжению на зажимах данного участка и обратно пропорциональна сопротивлению этого участка.

$$I = \frac{U}{R}$$



Закон Ома для замкнутой цепи

Сила тока в замкнутой цепи равна отношению ЭДС источника питания к сумме внешнего сопротивления цепи и внутреннего сопротивления источника питания.

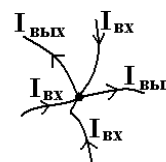


$$I = \frac{E}{R + r}$$

Первый закон Кирхгофа

Алгебраическая сумма токов, входящих в узел электрической цепи, равна алгебраической сумме токов, вытекающих из этого узла.

$$\sum I_{\text{вх}} = \sum I_{\text{вых}}$$



Второй закон Кирхгофа

Во всяком замкнутом контуре электрической цепи алгебраическая сумма ЭДС равна алгебраической сумме падения напряжения на электроприёмниках этого контура.

$$\sum E = \sum I * R$$

Закон Джоуля – Ленца

Количество теплоты, которое выделяется в проводнике при протекании по нему электрического тока, прямо пропорционально произведению квадрата тока, сопротивления проводника и времени протекания тока.

$$Q = I^2 * R * t$$

Ход работы

Задача 1.

Электрическая лампочка включена в сеть напряжением 220В. Какой ток будет проходить через лампочку, если сопротивление её нити 240Ом?

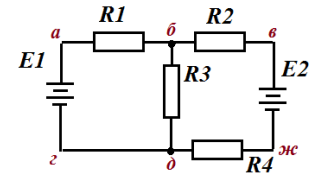
Какое количество теплоты выделится при этом, если лампа будет светиться 10мин?

Задача 2.

Аккумулятор с внутренним сопротивлением 0,7 Ом работает на лампочку с сопротивлением 2,5 Ом; при этом ток в цепи равен 0,12А. Определите ЭДС аккумулятора и напряжение на зажимах лампочки.

Задача 3.

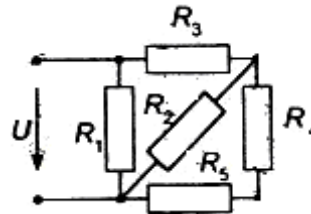
1. Составьте уравнения по первому закону Кирхгофа для узла б
2. Составьте уравнения по второму закону Кирхгофа для контуров: а-б-в-ж-г; б-в-ж-д; а-б-д-г.



Задача 4. На цоколе лампы накаливания написано: 100Вт, 127В. Определите сопротивление нити накаливания.

Задача 5.

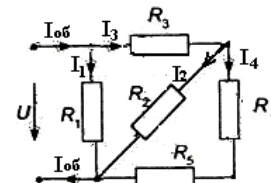
Рассчитать токи в ветвях цепи, если $R_1 = 5\text{Ом}$; $R_2 = 7\text{Ом}$; $R_3 = 6\text{Ом}$; $R_4 = 9\text{Ом}$; $R_5 = 3\text{Ом}$. Эквивалентное сопротивление цепи $R_{\text{экв}} = 3,38\text{Ом}$, напряжение на зажимах – 110В.



Пример расчёта

Решение.

1. Указываем направления токов в ветвях



2. Определяем общий ток цепи $I_{об}$ по закону Ома:

$$I_{об} = \frac{U}{R_{\text{экв}}} = \frac{110}{3,38} = 35,5\text{А}$$

3. Т.к. к резистору R_1 приложено общее напряжение цепи, определяем силу тока через этот резистор в соответствии с законом Ома:

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{110}{5} = 22\text{А}$$

4. В соответствии с первым законом Кирхгофа

$$I_{об} = I_1 + I_3$$

$$I_3 = I_{об} - I_1 = 35,5 - 22 = 13,5\text{А}$$

5. Потери напряжения на резисторах:

$$U_1 = I_1 * R_1 = 22 * 5 = 110\text{В}$$

$$U_3 = I_3 * R_3 = 13,5 * 6 = 81\text{В}$$

По второму закону Кирхгофа

$$U_1 = U_3 + U_2.$$

6. Следовательно

$$U_2 = U_1 - U_3 = 110 - 81 = 29\text{В}$$

7. Тогда по закону Ома

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{29}{7} = 4,14\text{А}$$

8. Падение напряжения на резисторе U_2 и резисторах R_4 и R_5 одинаковы, т.к. они включены параллельно:

$$U_2 = U_{4,5}$$

9. Ток I_4 общий для двух резисторов - R_4 и R_5 , т.к. они включены последовательно. Рассчитываем силу

$$I_4 = \frac{U_2}{R_{4,5}} = \frac{29}{9+3} = 2,4\text{А}$$

тока I_4 по закону Ома:

10. Для проверки правильности расчётов рассчитываем мощность источника питания и электроприёмников и составляем баланс мощности:

$$P_{\text{ип}} = U \cdot I_{06} = 110 \cdot 35,5 = 3905 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{эп}} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 (R_4 + R_5) = 22^2 \cdot 5 + 4,14^2 \cdot 7 + 13,5^2 \cdot 6 + 2,4^2 \cdot (9 + 3) = 3771,7 \text{ Вт}$$

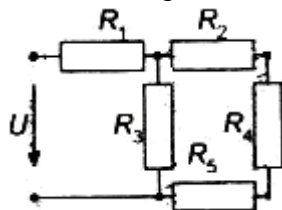
Погрешность составляет 3,4%, что допустимо.

$$P_{\text{ип}} = P_{\text{эп}} \\ 3905 \text{ Вт} \approx 3771,7 \text{ Вт}$$

Задача решена верно.

Задача 6.

Рассчитать токи в ветвях данной цепи, если $R_1 = 20 \text{ Ом}$; $R_2 = 60 \text{ Ом}$; $R_3 = 30 \text{ Ом}$; $R_4 = 80 \text{ Ом}$; $R_5 = 50 \text{ Ом}$. Напряжение на зажимах – 36В.



Контрольные вопросы

1. Что представляет собой электрическая цепь?
2. Какие устройства называют элементами электрической цепи?
3. Чем определяются свойства элемента электрической цепи?
4. Что включает в себя обобщенная электрическая цепь?
5. Дайте определение:

Закона Ома для участка цепи

Закона Ома для замкнутой цепи

Первого закона Кирхгофа

Второго закона Кирхгофа

Закона Джоуля – Ленца

Практическое занятие №3 Расчёт трёхфазной электрической цепи.

Цель работы: научиться рассчитывать токи и напряжения, определять мощность трёхфазной электрической цепи переменного тока при соединении электроприёмников звездой и треугольником.

Краткие теоретические сведения.

Трёхфазная система электроснабжения — частный случай многофазных систем электрических цепей, в которых действуют созданные общим источником синусоидальные ЭДС одинаковой частоты, сдвинутые друг относительно друга во времени на определённый фазовый угол. В трёхфазной системе этот угол равен $2\pi/3$ (120°).

Каждая из действующих ЭДС находится в своей фазе периодического процесса, поэтому часто называется просто «фазой». Также «фазами» называют проводники — носители этих ЭДС. В трёхфазных системах угол сдвига равен 120 градусам. Фазные проводники обозначаются в РФ латинскими буквами L с цифровым индексом 1...3, либо A, B и C. Провода, соединяющие начала фаз генератора и потребителя, называются *линейными*. Провод, соединяющий две нейтрали, называется *нейтральным*.

Напряжение между линейным проводом и нейтралью (U_a, U_b, U_c) называется *фазным*.

Напряжение между двумя линейными проводами (U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}) называется *линейным*.

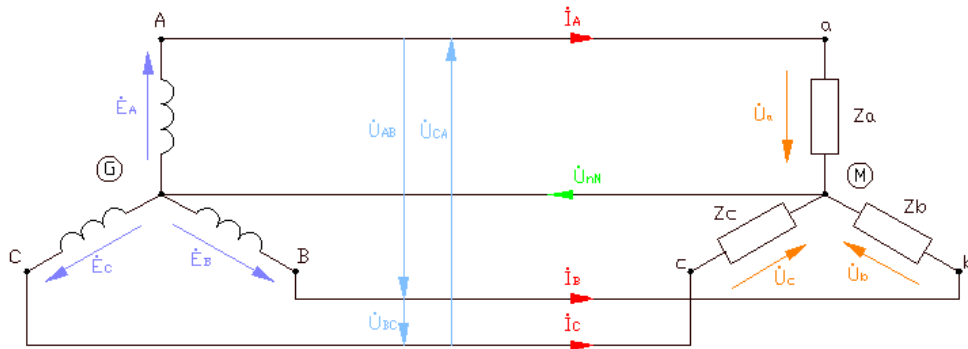


Рис. 1 Соединение фаз трёхфазной цепи звездой

Звездой называется такое соединение, когда концы фаз обмоток генератора (G) соединяют в одну общую точку, называемую нейтральной точкой или *нейтралью*. Концы фаз обмоток потребителя (M) также соединяют в общую точку.

Трёхфазная цепь, имеющая нейтральный провод, называется четырёхпроводной. Если нейтрального провода нет — трёхпроводной.

Если сопротивления Z_a, Z_b, Z_c потребителя равны между собой, то такую нагрузку называют *симметричной*.

Для соединения обмоток звездой, при симметричной нагрузке, справедливо соотношение между линейными и фазными токами и напряжениями:

$$I_L = I_F; \quad U_L = \sqrt{3} \times U_F$$

При симметричной нагрузке в трёхфазной системе питание потребителя линейным напряжением возможно даже при отсутствии нейтрального провода. Однако, при питании нагрузки фазным напряжением, когда нагрузка на фазы не является строго симметричной, наличие нейтрального провода обязательно. При его обрыве или значительном увеличении сопротивления (плохом контакте) происходит так называемый «перекос фаз», в результате которого подключенная нагрузка, рассчитанная на фазное напряжение, может оказаться под произвольным напряжением в диапазоне от нуля до линейного (конкретное значение зависит от распределения нагрузки по фазам в момент обрыва нулевого провода). Это зачастую является причиной выхода из строя бытовой электроники в многоквартирных домах, который может приводить к пожарам. Пониженное напряжение также может послужить причиной выхода из строя техники.

Треугольник — такое соединение, когда конец первой фазы соединяется с началом второй фазы, конец второй фазы с началом третьей, а конец третьей фазы соединяется с началом первой.

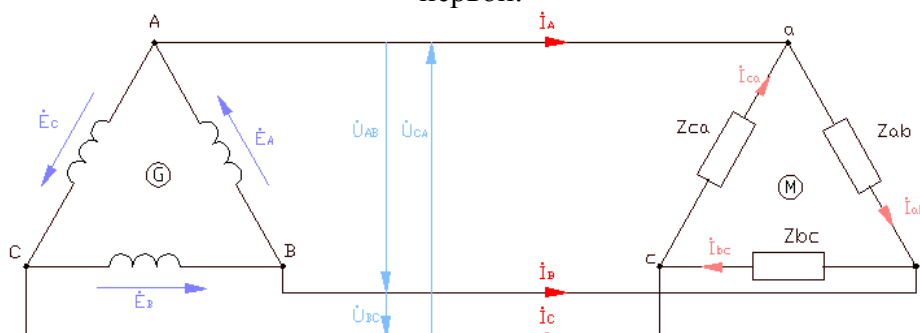


Рис. 2 Соединение фаз трёхфазной цепи треугольником

При соединении обмоток треугольником, при симметричной нагрузке, справедливо соотношение между линейными и фазными токами и напряжениями:

$$I_L = \sqrt{3} \times I_F; \quad U_L = U_F$$

При симметричной нагрузке мощность трёхфазного тока равна:

$$P = 3U_F I_F \cos\varphi = 3U_L \frac{I_L}{\sqrt{3}} \cos\varphi = \sqrt{3} U_L I_L \cos\varphi$$

Ход работы

Задача 1.

Симметричная нагрузка соединена звездой. Линейное напряжение равно 660В. Начертите схему соединения, укажите фазное и линейное напряжения. Определите фазное напряжение.

Задача 2.

Активная симметричная трёхфазная нагрузка соединена по схеме «звезда». Линейное напряжение 380В, фазный ток 40А. Начертите схему соединения. Найдите потребляемую мощность.

Задача 3.

Полная мощность, потребляемая симметричной трёхпроводной цепью, составляет 10кВА, потребляемая активная мощность – 63кВт. Определите коэффициент мощности. Начертите схему соединения.

Задача 4.

Симметричная нагрузка соединена треугольником. Линейное напряжение равно 1140В. Чему равно фазное напряжение? Начертите схему соединения, укажите фазное и линейное напряжения.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение трёхфазной системе электроснабжения.
2. Чему равен угол сдвига фаз синусоидальных ЭДС в трёхфазной системе?
3. Что в трёхфазной системе называется фазой?
4. Какие провода называют линейными? нейтральными? фазными?
5. Какое напряжение называют фазным? линейным?
6. Какое соединение трёхфазной системы называется звездой?
7. В каком случае трёхфазная система является четырёхпроводной? Трёхпроводной?
8. Когда трёхфазная система называется симметричной? Равномерной?
9. Почему при питании нагрузки фазным напряжением, когда нагрузка на фазы не является строго симметричной, наличие нейтрального провода обязательно?
10. Какое соединение трёхфазной системы называется треугольником?

Практическое занятие №4 Изучение системы обозначений измерительных приборов и принципа действия их измерительных механизмов

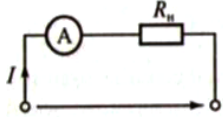
Цель работы: научиться использовать имеющиеся электроизмерительные приборы для получения правильных результатов при измерении параметров и характеристик электрической цепи.

Краткие теоретические сведения

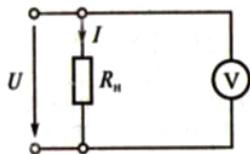
Измерение — это определение истинного значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Приборы, используемые для измерения электрических величин (тока, напряжения, мощности, сопротивления и т.д.), называются **электроизмерительными приборами**.

Амперметр - это прибор, измеряющий силу тока и поэтому включаемый в электрическую цепь (ЭЦ) последовательно с сопротивлением нагрузки. Для исключения влияния прибора на режим работы цепи (силу тока) его внутреннее сопротивление должно быть ничтожно мало. Включение амперметра в цепь параллельно нагрузке вызовет протекание по нему значительного тока (работа цепи в режиме короткого замыкания) и выведет его из строя.

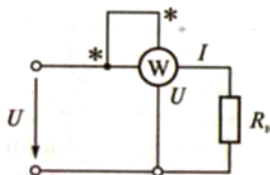
Рис. 1 Схемы включения в цепь:



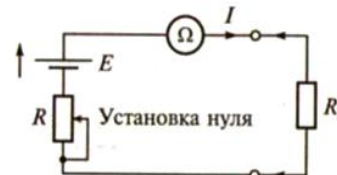
амперметра



вольтметра



ваттметра



омметра

Вольтметр – это прибор, измеряющий напряжение (разность потенциалов), и поэтому включаемый в ЭЦ параллельно с сопротивлением нагрузки. Для исключения влияния прибора на режим работы цепи его внутреннее сопротивление должно быть бесконечно большим, а потребляемый прибором ток — ничтожно малым. Поэтому разрешается измерять напряжение путем касания подключенными к вольтметру щупами соответствующих точек ЭЦ.

Ваттметр - прибор, измеряющий, активную мощность P , потребляемую ЭЦ или отдельными ее элементами. При постоянном токе $P = IU$, поэтому ваттметр должен иметь токовую катушку, включаемую в цепь, как амперметр, т.е. последовательно с сопротивлением нагрузки, и катушку напряжения, включаемую, как и вольтметр, параллельно сопротивлению нагрузки. Зажимы ваттметра, обозначенные на схеме звездочкой (*), должны быть соединены вместе перемычкой.

Омметр – прибор, измеряющий электрическое сопротивление элементов, участков и ЭЦ в целом в обесточенном состоянии (при отключенных источниках питания ЭЦ). В основу действия прибора положено измерение тока I в исследуемом резисторе R создаваемого эталонным источником ЭДС E , находящимся внутри прибора.

Так как $I = E / (R + R_x)$, то шкала прибора проградуирована в Омах таким образом, что наибольшему отклонению стрелки соответствует наименьшее значение сопротивления исследуемого резистора R_r . Перед началом измерений сопротивления производят установку нуля прибора. Для этого при закороченных с помощью щупов зажимах прибора ручкой «Установка нуля» совмещают положение стрелки с отметкой «0» на шкале. У цифрового омметра ручка «Установка нуля» отсутствует. Включение омметра в цепь с источником питания недопустимо, так как он имеет свой источник питания.

Основными показателями электроизмерительных приборов являются:

номинальная величина $A_{ном}$ — наибольшая величина, которая может быть измерена прибором. Например, номинальная величина ваттметра $P_{ном} = U_{ном} \cdot I_{ном}$. Для многопредельных приборов номинальная величина определяется положением переключателя диапазонов на приборе;

постоянная прибора (цена деления) C — значение измеряемой величины, вызывающее отклонение показывающего устройства на одно деление шкалы.

$$C = \frac{A_{ном}}{n}, \text{ где } n \text{ — число делений шкалы;}$$

погрешности измерения.

Абсолютная погрешность — это разность между измеряемым A_u и действительным A_d значениями контролируемой величины: $\Delta A = A_{изм} - A_d$.

Относительная погрешность — это отношение абсолютной погрешности к действительному значению контролируемой величины, выраженное в процентах:

$$\gamma = (\Delta A / A_d) \cdot 100\%.$$

Приведенная погрешность — это отношение абсолютной погрешности к номинальной величине прибора:

$$\gamma_{пр} = (\Delta A / A_{ном}) \cdot 100\%.$$

Приведенная погрешность в процентах определяет **класс точности прибора**. Например, $\gamma_{пр} = \pm 1\%$ соответствует первому классу точности. По степени точности электромеханические измерительные приборы делятся на девять классов: 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Класс точности прибора указывается на его шкале.

Точность измерения оценивается относительной погрешностью. Относительная погрешность тем меньше, чем ближе действительное значение измеряемой величины A_d к номинальной величине $A_{ном}$. Поэтому для повышения точности измерений рекомендуется пользоваться второй половиной шкалы.



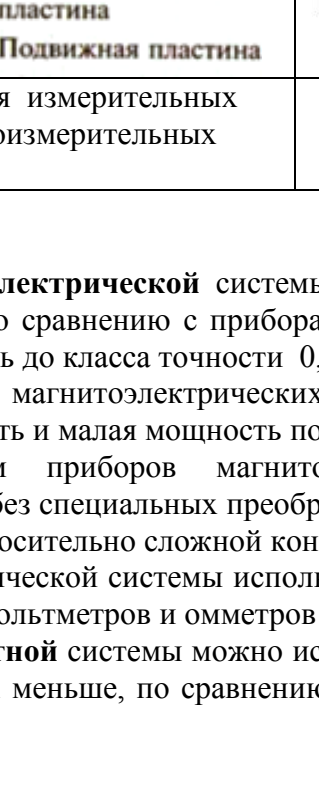








Классификация электроизмерительных приборов. Значительная часть электроизмерительных приборов принадлежит к электромеханической группе. Общим для них является то, что электромагнитная энергия, подводимая к прибору от измеряемой цепи, преобразуется в механическую энергию перемещения подвижной части.

По **способу преобразования энергии**, т.е. по способу создания вращающего момента, измерительные механизмы приборов делятся на ряд систем (рис. 2)

По **роду тока** подразделяют приборы: постоянного тока (—); переменного тока (~); постоянного и переменного тока (⎓); трехфазного тока (⏚).

В состав электроизмерительного прибора могут входить преобразователи: полупроводниковый выпрямитель, электронный усилитель и т.д., изменяющие свойства приборов. В зависимости от типа преобразователя прибор называют выпрямительным, электронным и т.д.

На шкале прибора наносится ряд обозначений (рис. 3)

Наименование системы прибора	Обозначение системы прибора	
Магнитоэлектрическая	 Постоянный магнит  Подвижная катушка с током	
Электромагнитная	 Катушка с током  Подвижный стальной сердечник	
Электродинамическая	 Неподвижная катушка  Подвижная катушка	
Индукционная	 Электромагнит  Вращающийся алюминиевый диск	
Электростатическая	 Неподвижная пластина  Подвижная пластина	
Рис. 2 Условные обозначения измерительных систем на шкалах электроизмерительных приборов		Рис. 3 Передняя панель электроизмерительного прибора

Особенности приборов.

Для приборов **магнитоэлектрической** системы характерна высокая точность. Они являются наиболее точными, по сравнению с приборами непосредственной оценки других систем и изготавливаются вплоть до класса точности 0,1.

Большим достоинством магнитоэлектрических приборов является равномерность шкалы, высокая чувствительность и малая мощность потерь.

Основным недостатком приборов магнитоэлектрической системы является невозможность их применения без специальных преобразователей в цепях переменного тока. Кроме того, она отличаются относительно сложной конструкцией.

Приборы магнитоэлектрической системы используются, главным образом, в качестве гальванометров, амперметров, вольтметров и омметров в цепях постоянного тока.

Приборы **электромагнитной** системы можно использовать в цепях и переменного, и постоянного тока. Точность их меньше, по сравнению с приборами магнитоэлектрической системы.

Достоинство электромагнитных приборов; простота конструкции, сравнительно низкая стоимость, надежность в эксплуатации, устойчивость к перегрузкам.

Недостатки: низкая чувствительность и точность, большое потребление мощности, неравномерность шкалы.

Применяют приборы электромагнитной системы в цепях переменного тока как амперметры, вольтметры, используют в частотомерах и фазометрах.

Отсутствие стальных сердечников в **электродинамических** измерительных механизмах исключает погрешности от гистерезиса и вихревых токов, но они очень чувствительны к влиянию внешних магнитных полей.

Высокая точность электродинамических приборов позволяет применять их в качестве образцовых. Приборы электродинамической системы можно применять на постоянном и переменном токе.

Недостатки: влияние внешних магнитных полей, низкая чувствительность, относительно большое потребление мощности, высокая стоимость. Кроме того, они плохо переносят механические воздействия, требовательны к уходу.

Используются в качестве амперметров, вольтметров и ваттметров.

В **ферродинамических** приборах наличие стальных сердечников существенно увеличивает погрешность, но резко уменьшают влияние внешних магнитных полей. Приборы этой системы используются в амперметрах, вольтметрах, ваттметрах, частотомерах, фазометрах.

Приборы **электростатической** системы применяются для измерения постоянных и переменных напряжений. Показания их не зависят от внешних магнитных полей, частоты.

Достоинства: большое входное сопротивление; активной мощности приборы этой системы практически не потребляют.

Недостаток: низкая чувствительность, неравномерность шкалы.

Приборы **индукционной** системы могут применяться в цепях переменного тока с одной определенной частотой.

Достоинство их – малое влияние внешних магнитных полей, стойкость к перегрузкам, надежность в работе, невысокая стоимость.

Используются они в счетчиках электроэнергии.

Вибрационные измерительные механизмы являются разновидностью электромагнитной системы. Применяются они в частотомерах - для измерения низкой частоты, главным образом, промышленной, и только в стационарных условиях.

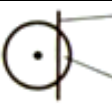

Ход работы

Задание 1. С помощью многопредельного миллиамперметра класса точности 0,5 измерен ток 300 мА при двух пределах: $I_{ном1} = 500$ мА и $I_{ном2} = 1000$ мА. Определить относительную погрешность измерения в обоих случаях. Сравнить точность измерения

Задание 2. Определите цену деления ваттметра, если $I_{ном} = 1$ А, $U_{ном} = 30$ В, на шкале которого нанесено 150 делений.

Задание 3. Заполните таблицу

Наименование	Обозначение	Назначение и область применения
Магнитоэлектрическая	 <p>Постоянный магнит Подвижная катушка с током</p>	
Электромагнитная	 <p>Катушка с током Подвижный стальной сердечник</p>	
Электродинамическая	 <p>Неподвижная катушка Подвижная катушка</p>	

Индукционная		Электромагнит Вращающийся алюминиевый диск
Электростатическая		Неподвижная пластина Подвижная пластина

Задание 4. Охарактеризуйте электроизмерительный прибор по приведённому плану

1. Тип прибора
2. Назначение прибора
3. Род тока
4. Номинальная величина прибора
5. Измерительная система прибора
6. Установка прибора при измерении
7. Класс точности
8. Напряжение испытания изоляции
9. Защищённость от внешних полей
10. Цена деления прибора

Контрольные вопросы

1. Что такое «измерение»?
2. Какие приборы называют электроизмерительными?
3. Почему внутреннее сопротивление амперметра должно быть ничтожно мало?
4. Почему разрешается измерять напряжение путем касания подключенными к вольтметру щупами соответствующих точек ЭЦ?
5. Почему ваттметр должен иметь токовую катушку, включаемую в цепь последовательно с сопротивлением нагрузки, и катушку напряжения, включаемую параллельно сопротивлению нагрузки?
6. Опишите процесс установки нуля омметра.
7. Перечислите основные показатели электроизмерительных приборов и дайте им определение.

Практическое занятие №5 Изучение работы электронных транзисторных усилителей.

Цель работы:

Ознакомиться с элементами электронного усилителя, изучить принцип работы электронного транзисторного усилителя; научиться определять параметры транзисторного усилителя по его характеристикам.

Основные положения.

Усилителем называется устройство, осуществляющее увеличение уровня или мощности сигнала за счет энергии вспомогательного источника питания.

Каждый электрический усилитель снабжается вспомогательным источником питания (гальваническим элементом, аккумулятором и т. д.) и имеет два входных и два выходных рабочих зажима (рис. 1.1). Ко входным клеммам (1—2) присоединяют источник сигнала, к выходным (3—4) — нагрузку.



Рис. 1.1 Структура усилителя

Свойства усилителей характеризуются их параметрами: входное и выходное сопротивления; коэффициент усиления; рабочий диапазон частот; чувствительность;

коэффициент полезного действия; искажения, вносимые усилителем, коэффициент усиления и др.

Коэффициент усиления численно показывает увеличение выходного сигнала по сравнению со входным.

$$K_{yc} = \frac{A_{вых}}{A_{вх}}$$

В соответствии с назначением усилителя различают коэффициенты усиления по напряжению K_U , току K_I , мощности K_P .

При необходимости значительного усиления входного сигнала применяют схемы многократного усиления с помощью нескольких последовательно включенных усилителей. В многокаскадных схемах выходной сигнал предыдущей ступени является входным для последующей ступени усиления.

Каждая последующая ступень многоступенчатого усилителя усиливает выходной сигнал предыдущей ступени. Коэффициент усиления каскада:

$$K_{yc} = K_1 * K_2 * K_3 * \dots * K_n, \text{ где}$$

n – количество ступеней каскада.

По физическому принципу усиления электрические усилители подразделяются на электронные, магнитные, электромашинные etc.

Работа электронных усилителей основана на эффекте усиления электрического сигнала в полупроводниковых приборах. Они имеют очень высокую чувствительность и способны улавливать весьма малые мощности (несколько микроватт) усиливаемого сигнала.

Электронные усилители по ширине полосы и абсолютным значениям усиливаемых частот подразделяют на усилители постоянного тока УПТ (от $f = 0$ Гц); усилители низкой частоты УНЧ (от десятков Герц до 15 — 20 кГц); усилители высокой частоты УВЧ (весь диапазон частот); широкополосные усилители.

К электронным усилителям относятся транзисторные и тиристорные усилители.

Работа транзисторных усилителей основана на эффекте усиления электрического сигнала транзисторами.

Один из электродов в схеме должен быть общим для входа

и выхода. Общий электрод обычно заземляется или соединяется с точкой нулевого потенциала. Используются три разновидности соединения транзисторов в усилителях:

с общей базой; с общим эмиттером; с общим коллектором. Названные схемы обладают различными свойствами.



Рис. 1.2 Структура электронного усилителя

Усилители с общей базой характеризуются значительным усилением по напряжению и мощности.

Напряжение выхода снимается с сопротивления нагрузки R_n , включенного в цепь коллектора.

Цепь «эмиттер-база» нормально работает в режиме прямого тока. В неё включают датчик, развивающий небольшую э. д. с.

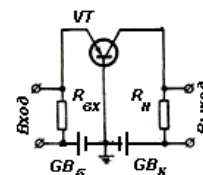


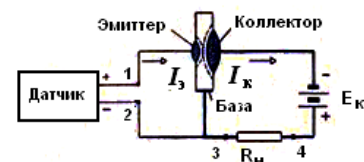
Рис. 1.3 Усилитель с общей базой.

Цепь «коллектор-база» работает в режиме обратного тока. К ней присоединяют нагрузку усилителя R_n и основной источник питания. Отрицательный зажим источника питания усилителя соединяют с коллектором.

Электрическое сопротивление цепи «коллектор-база» зависит от полярности и величины приложенного к нему напряжения и от электрического режима работы цепи «эмиттер-база».

При отключенном эмиттере ток в цепи коллектора отсутствует.

При наличии тока эмиттера сопротивление цепи «коллектор-база»



резко уменьшается. Если на эмиттер подать небольшой положительный потенциал (относительно базы), то появится ток в цепи эмиттера и в цепи коллектора.

Рис. 1.4 Схема простейшего транзисторного усилителя.

Ток коллектора будет лишь немного меньше тока эмиттера. Напряжения на зажимах нагрузки и мощность выходного сигнала будут во много раз больше напряжения и мощности сигналов датчика.

Эффект усиления в таких схемах достигается вследствие того, что входное сопротивление усилителя во много раз меньше выходного, хотя токи эмиттера и коллектора могут представлять собой величины одного порядка.

Схемы с общей базой выполняют роль сопротивлений для согласования низкоомных источников сигналов с нагрузкой, имеющей большое сопротивление. Фазы входного и выходного сигналов совпадают.

Усилитель с общим эмиттером обладает наибольшим коэффициентом усиления по сравнению с двумя другими схемами. Входной сигнал, как и в предыдущей схеме, подается на цепь эмиттер—база, а напряжение выхода снимается с нагрузочного сопротивления, включенного непосредственно в коллекторную цепь на участке эмиттер-коллектор.

В приведенных схемах входное и выходное сопротивления соизмеримы, они определяются величинами одного порядка. Как правило, сопротивление выхода несколько больше входного.

Ток базы мал по сравнению с током, протекающим соответственно между эмиттером и коллектором.

Коэффициент усиления по току в данной схеме может быть очень велик. При больших значениях сопротивления нагрузки R_H (что обеспечивает сужение полосы усиливаемых частот) коэффициент усиления по напряжению может быть также достаточно высоким. Коэффициент усиления по мощности равен произведению коэффициентов усиления по току и напряжению.

В отличие от предыдущей, в схеме с заземленным общим эмиттером происходит изменение фазы выходного сигнала на 180° . Это означает, что сигналы на входе и выходе имеют различную полярность — режим инвертора.

В приведенной схеме применен транзистор с переходом типа $p-n-p$. Если применить полупроводниковый триод типа $n-p-n$, полярность на эмиттере и коллекторе следует изменить противоположной.

Фазы входа и выхода усилителя с **общим коллектором** совпадают, поэтому схема с общим коллектором носит название эмиттерного повторителя.

Усилитель имеет высокое входное и низкое выходное сопротивления, благодаря чему он может быть использован как понижающий трансформатор сопротивлений для согласования источников входного сигнала с высоким сопротивлением и с низким сопротивлением нагрузки.

Коэффициент усиления по напряжению в данной схеме не может быть выше единицы, зато коэффициент усиления по току и мощности может принимать довольно большие значения.

Общим правилом включения полупроводниковых транзисторов является непереносное соблюдение правильной полярности прикладываемых напряжений смещения. Подача неправильной полярности на транзистор выводит его из строя. Знак напряжения, прикладываемого к электродам транзистора, зависит от типа перехода ($p-n-p$ или $n-p-n$).

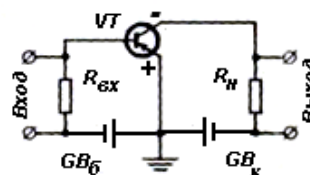


Рис. 1.5 Усилитель с общим эмиттером.

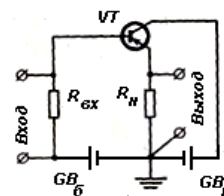


Рис. 1.6 Усилитель с общим коллектором.

В электронных усилителях используют в основном отрицательную обратную связь, позволяющую повысить стабильность работы, уменьшить искажения, вносимые усилителем, и уровень собственных шумов.

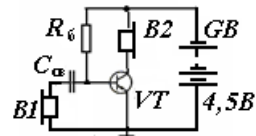
Только при наличии резистора нагрузки в выходной цепи возможен процесс усиления входного сигнала.

Ход работы.

Задание 1.

Начертите схему усилителя. Запишите назначение каждого элемента этой схемы.

Какой способ подключения транзистора использован в этой схеме? Объясните работу усилителя.



Задание 1. Заполните таблицу

Таблица 1

№ п/п	Схема	Способ подключения (общий электрод)	Входное сопротивление	Выходное сопротивление	Усиливаемые величины	Применение

Контрольные вопросы.

1. На чём основана работа электронных усилителей?
2. Объясните работу транзисторного усилителя, включенного по схеме с общей базой; с общим эмиттером? с общим коллектором?
3. Почему схема с общим коллектором носит название эмиттерного повторителя?

Литература

Основные источники:

1. Прошин В.М. Электротехника. Учебник НПО - М.: ИЦ "Академия", 2012
2. Прошин В.М. Рабочая тетрадь по электротехнике. – М.: ИЦ «Академия», 2008.
3. Прошин В.М. Лабораторно-практические работы по электротехнике. (2;изд., стер.) Уч.пос. НПО."Академия" 2007+2008.
4. Ярочкина Г.В. и др. Электротехника. Рабочая тетрадь. - М.: ИЦ «Академия», 2012.

Дополнительная литература:

1. Беспалов В.Я. Электрические машины. Уч.пособие. - М.: ИЦ "Академия", 2005
2. Бутырин П.А. Электротехника. Учебник. НПО, - М.: ИЦ "Академия", 2007 4-е изд.
3. Гуржий А.Н. Электрические и радиотехнические измерения. Уч. пособие для НПО. М.: ИЦ "Академия", 2004.
4. Евдокимов Ф.Е. Теоретические основы электротехники Издат. центр "Академия", 2004
5. Зайцев С.А. Контрольно-измерительные приборы и инструменты 2-е изд.стер. Учебник 2006
6. Новиков П.И., В.Я. Кауфман «Задачник по электротехнике». Москва, ПрофОбрИздат, 2001г.
7. Панфилов В.А. Электрические измерения. "Академия"2004+2008.
8. Полещук В.И. Задачник по электротехнике и электронике: Учебное пособие, ИЦ "Академия", 2004
9. Синдеев Ю.Г. Электротехника с основами электроники. Ростов-на Дону, Феникс, 2004г.
10. Интернет ресурс: Электротехника и электроника www.termika.ru