

Электротехника для любознательных.

Часть 2. Резисторы.

Зачем нужны резисторы? Резисторы самые применяемые в электронных схемах элементы. Они предназначены для создания **падения напряжения, формирования подходящего потенциала и ограничения тока.**

1. Падение напряжения.

Каждый электрон имеет энергию, которую получает от источника питания. Мы знаем, что, проходя через проводник, электрон теряет в нём часть энергии. Таким образом, энергия электрона на входе в резистор больше, чем на выходе, а **разность** этих энергий и есть **падение напряжения** на резисторе.

Так, проходя через несколько резисторов, электрон будет терять на каждом из них часть своей энергии.

Рассмотрим (рис. 1). Напряжение батареи – 9В. Имеются три резистора номиналом по 20 Ом.

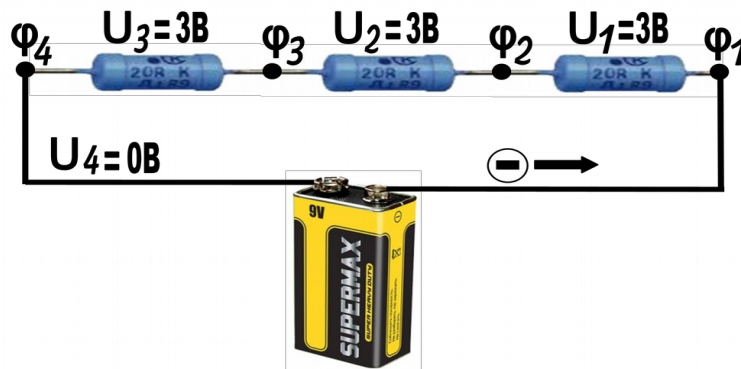


Рис.1. Определение падения напряжения на резисторах в замкнутой цепи.

Электрон, проходя по замкнутой цепи, оставляет энергию на каждом резисторе.

1). Найдём общее сопротивление:

$$R_{\text{общ.}} = R_1 + R_2 + R_3 = 20 \text{ Ом} + 20 \text{ Ом} + 20 \text{ Ом} = 60 \text{ Ом}$$

2). По закону Ома найдём ток в цепи: $I = U/R = 9 \text{ В} / 60 \text{ Ом} = 0,15 \text{ А}$.

3). По закону Ома найдём напряжения: U_1, U_2, U_3 .

$$U_1 = I \times R_1 = 0,15 \text{ А} \times 20 \text{ Ом} = 3 \text{ В.}$$

$$U_2 = I \times R_2 = 0,15 \text{ А} \times 20 \text{ Ом} = 3 \text{ В.}$$

$$U_3 = I \times R_3 = 0,15 \text{ А} \times 20 \text{ Ом} = 3 \text{ В.}$$

4). Определим общее падение напряжения в цепи:

$$U_{\text{общ.}} = U_1 + U_2 + U_3 = 3 \text{ В} + 3 \text{ В} + 3 \text{ В} = 9 \text{ В}$$

Получаем: $U_{\text{пит.}} = U_{\text{общ.}}$

Отсюда следует важное свойство электронов, прошедших через замкнутую цепь. Электроны **отдают всю** свою **энергию**, которую получили **от источника тока**, элементам цепи.

Если нам нужно отобрать у электронов какую-то часть энергии, мы ставим резисторы.

2. Формирование подходящего потенциала.

Когда мы говорим о потенциалах, мы имеем ввиду сколько энергии осталось у электрона в данной точке электрической цепи.

Рассмотрим схему, представленную на **рис. 1**.

На «минусе» источника питания потенциал равен напряжению питания, т. е., в точке (–) $\varphi_1 = 9 \text{ В}$. Пройдя по R_1 , электрон потерял 3 В (См. предыдущую задачу). Значит, у него осталось $9 \text{ В} - 3 \text{ В} = 6 \text{ В}$, т.е., потенциал в точке 1 равен $\varphi_2 = -6 \text{ В}$. Точно так же и в третьей: $6 \text{ В} - 3 \text{ В} = 3 \text{ В}$, т.е., $\varphi_3 = -3 \text{ В}$. Потеряв в третьем резисторе ещё 3 В, в четвёртой точке: $\varphi_4 = 3 \text{ В} - 3 \text{ В} = 0$, т. е., $\varphi_4 = 0$. Действительно, пройдя через замкнутую цепь, электрон отдаёт всю энергию, поэтому в точке 4 потенциал должен быть равен нулю.

Если нам нужно в данной точке схемы иметь определённое значение электрического потенциала, то мы ставим резистор, который отбирает избыточную энергию у электронов.

3. Ограничение тока.

Из закона Ома ($I = U/R$) вытекает, что, чем больше сопротивление, тем меньше ток.

Например, нам нужно ограничить ток в цепи до 1 А. Напряжение источника питания 5 В. Выберем ограничивающий резистор $R=U:I=5\text{В}:1\text{А}=5 \text{ Ом}$. Значит, если поставить сопротивление 5 Ом, ток в цепи будет ограничен до 1А.

Следовательно, подбирая резистор, мы можем ограничивать ток на данном участке цепи.

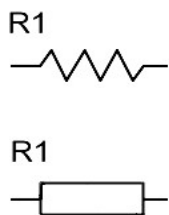


Рис. 2. Обозначение постоянных резисторов на принципиальных схемах.



Рис. 3. Плёночные резисторы.



Рис. 4. Проволочные резисторы.

4. Постоянные резисторы.

Постоянные резисторы (сопротивления) обозначаются на принципиальных схемах как показано на **рис. 2**.

Различают два основных вида резисторов – **проволочные (рис. 3)** и **химические (плёночные) (рис. 4).**

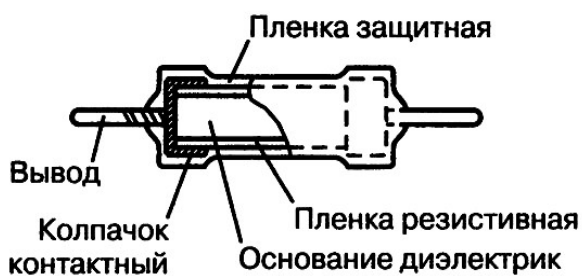


Рис. 5. Химические (плёночные) резисторы.

Химические резисторы постоянного значения устроены так (рис. 5): на диэлектрическое цилиндрическое основание нанесена резистивная плёнка. На торцы цилиндра надеты контактные колпачки из проводящего материала с припаянными к ним выводами.

Для защиты резистивной плёнки от воздействия внешних факторов резистор покрывают защитной плёнкой.

Проволочные резисторы представляют собой керамические тела, на которые намотан провод. Эти резисторы используются реже, они находят применение в сетях с большими токами и для специальных целей (рис. 6.).



Рис. 6. Устройство проволочного резистора.

номинальное сопротивление **класс точности**



Рис. 7. Маркировка параметров на резисторе.

Важнейшими параметрами резистора являются: номинальное сопротивление, класс точности, маркировка, мощность (рис. 7).

▪ **Номинальное сопротивление резистора – значение сопротивления, которое должен иметь резистор и обозначается на корпусе маркировкой.**

В электронике применяются резисторы номиналом от долей ома до **1 000 000 Ом.**

Чтобы не выпускать такое большое количество номиналов резисторов, выпускают определённое количество. Это позволяет значительно сократить количество резисторов для хранения.

Существует определённый ряд номинальных значений резисторов (см. таблицу 2).

Таблица 2

1,0	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8
1,1	1,6	2,4	3,6	5,1	7,5
1,2	1,8	2,7	3,9	5,6	8,2
1,3	2,0	3,0	4,3	6,2	9,1

Соединяя определённым образом резисторы из этого ряда можно получить любой номинал резистора. О соединении резисторов поговорим чуть позже.

▪ **Класс точности – отклонение истинного значения резистора от номинального.**

В зависимости от допуска резисторы делятся на три класса: см. таблицу 3.

Таблица 3

Класс точности	% отклонение от номинала
1-й класс	5%
2-й класс	10%
3-й класс	20%

Например: имеем резистор *1-го класса*, на котором написано **100 Ом**. Это значит, что действительное значение может колебаться в пределах $\pm 5\%$, т.е., от **95** до **105 Ом**. Если такой же резистор имеет *третий класс* точности, то действительное его значение может колебаться в пределах $\pm 20\%$, т.е., от **80** до **120 Ом**.

В зависимости от класса точности резисторы имеют различную рыночную стоимость. Чем выше класс точности, тем выше цена. Поэтому измерительные приборы, в схемах которых находятся много резисторов с повышенным классом точности, так дорого стоят.

В обычной радиолюбительской практике применяются в основном резисторы с третьим классом точности.

▪ **Маркировка – обозначения условными знаками параметров резисторов, наносимые на поверхности резисторов.**

Обычно маркировкой обозначаются номинальное сопротивление резистора, класс точности, завод-изготовитель (**рис. 8**).

Сопротивления могут изменяться в **Омах, килоОмах** и **мегаОмах**.

Приставка **кило** обозначает 1000, **мега** – 1 000 000.

Значит: **1 кОм = 1 000 Ом; 1 мОм = 1 000 кОм = 1 000 000 Ом**.

Обозначение на корпусе резистора	Значение сопротивления
100E	100 Ом
100R	
1к	1 кОм
1к1	1,1 кОм
200к	200 кОм
2М	2 МОм
2М1	2,1 МОм
10М	10 МОм

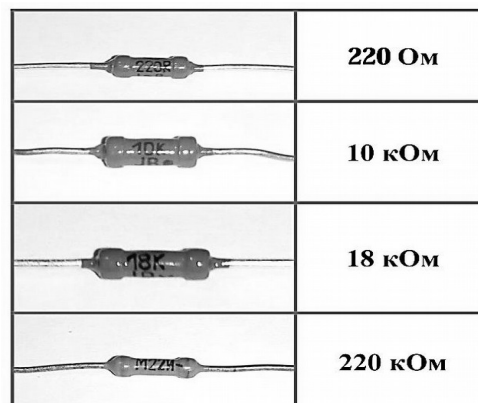


Рис. 8. Цифро-буквенная маркировка резисторов.

Рис. 9. Резисторы с цифро-буквенной маркировкой.

В настоящее время для постоянных резисторов допускается маркировка цветным кодом номинального сопротивления.

Зарубежные резисторы обозначаются как на рис. 9.

▪ **Мощность резистора** – это наибольшая мощность, которую резистор может излучать (или рассеивать) в виде тепла, не перегреваясь.

Обозначение	Номинальная мощность рассеяния
	-
	0,05 Вт
	0,125 Вт
	0,25 Вт
	0,5 Вт
	1 Вт
	2 Вт
	5 Вт

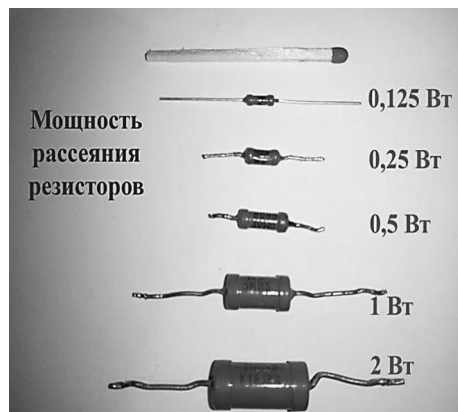


Рис. 10. Обозначение мощности резисторов на принципиальных схемах.

Эта мощность зависит от вида и размера резисторов. На рис. 10 представлены сокращённые обозначения мощности резисторов на принципиальных схемах и внешний вид резисторов.

5. Переменные резисторы.

▪ **Переменные резисторы** это такие резисторы, в которых можно менять сопротивление.

Переменные резисторы бывают плёночные (рис. 11) и проволочные (рис. 12).

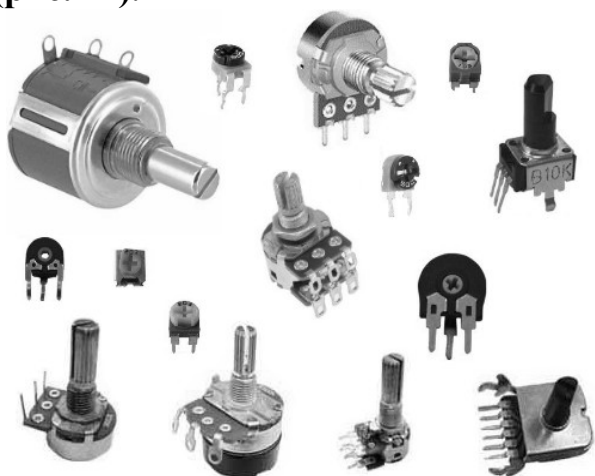


Рис. 11. Плёночные переменные резисторы.



Рис. 12. Проволочные переменные резисторы.

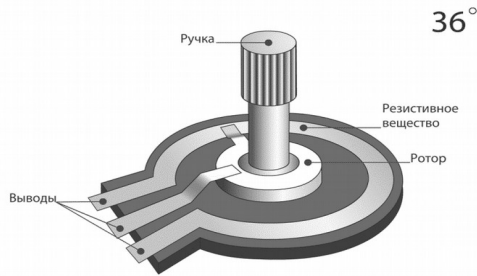


Рис. 13. Устройство плёночного переменного резистора.

В переменных резисторах внутри защитного металлического кожуха находится токопроводящий резистивный угольный слой, нанесённый на подковообразную пластинку из изолирующего материала. Для обеспечения надёжного контакта с выводами концы резистивной пластинки покрываются слоем металла (**рис. 13**).

Подвижный контакт, закреплённый на оси, скользит непосредственно по токопроводящему слою, прижимая к нему упругую тонкую металлическую пластинку.

Проволочные резисторы (**реостаты**) используются для электротехнических установок, а также для лабораторных работ.

Реостат представляет собой резистор, значение которого может плавно изменяться. Обычно это керамический корпус, на который намотан проводник, и по этой намотке скользит контакт. Обычно значения сопротивления нанесены на корпус реостата.

В радиотехнической аппаратуре применяются переменные резисторы с проволочной обмоткой, выполненной на кольцевом каркасе. Подвижной контакт в таких конструкциях укреплен на оси и при вращении скользит по проволоке.

В электротехнике находят применение **подстроечные резисторы**. Они предназначены для подстройки различных электрических цепей. Их сопротивление изменяется с помощью отвёртки и это делается только при производстве и ремонте аппаратуры. На **рис. 14, а, б** и **рис. 15** представлены общий вид и обозначение на принципиальных схемах подстроечных резисторов.

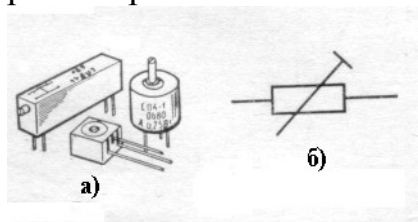


Рис. 14: а). Общий вид подстроечных резисторов; б). Обозначение подстроечных резисторов.

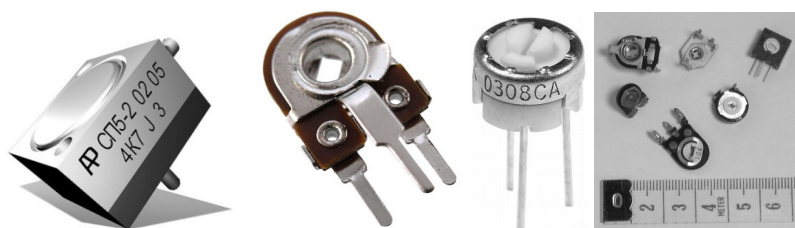


Рис.15. Виды подстроечных резисторов.

6. Делитель напряжения.

▪ **Делитель напряжения это цепь или схема соединения резисторов, применяемая для получения разных напряжений от одного источника питания.**

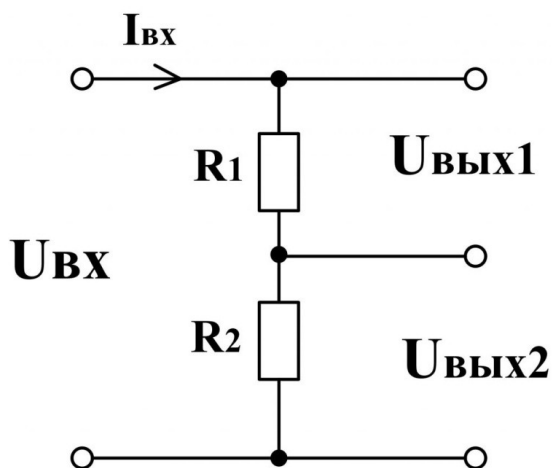


Рис. 16. Общая схема делителя напряжения на резисторах.

Наиболее простым делителем напряжения являются два последовательно соединенных резистора $R1$ и $R2$, которые подключены к источнику напряжения U (рис. 16). Если сопротивления резисторов одинаковы, т.е., $R1 = R2$, то напряжение источника питания разделится поровну на них: $U1 = U2 = U/2$.

По формулам можно определить выходные напряжения:

$$U1 = \frac{UR1}{R1+R2}; \quad U2 = \frac{UR2}{R1+R2}$$

На практике же гораздо проще пользоваться основным свойством любого делителя напряжения, которое заключается в том, что при соответствующем подборе сопротивлений резисторов $R1$ и $R2$ выходное напряжение составляет часть входного (рис. 17).

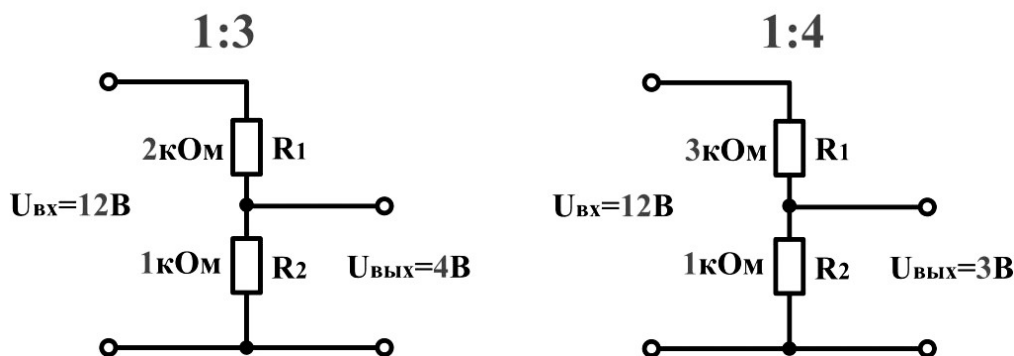


Рис. 17. Схемы делителей напряжения на резисторах.

Однако часто возникает необходимость в плавном изменении выходного напряжения. Например, при регулировании громкости звука мы плавно изменяем напряжение на усилителе.

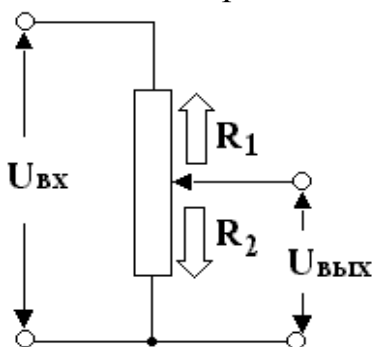


Рис. 18. При движении скользящего контакта изменяется соотношение между $R1$ и $R2$

Для плавного регулирования величины выходного напряжения применяются переменные и подстроечные резисторы.

Переменный резистор имеет три вывода, причем средний вывод от скользящего контакта, который делит проводящую пленку на два сопротивления (рис. 18). В результате вращением оси можно плавно изменять выходное напряжение от нуля до $U_{вх}$.

7. Последовательное соединение резисторов.

▪ **Последовательным соединением резисторов** называется такое соединение при котором, конец предыдущего элемента является началом последующего (рис.19).

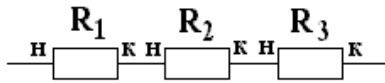


Рис. 19. Последовательное соединение резисторов.

Общее сопротивление определяется по формуле:

$$R_{\text{общ.}} = R_1 + R_2 + R_3$$

8. Параллельное соединение резисторов.

▪ **Параллельным соединением** называется такое соединение при котором у элементов все начала и все концы соединены между собой (рис. 20, а).

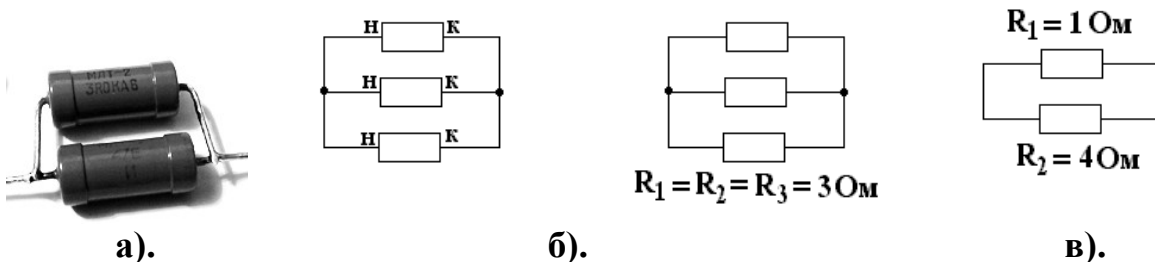


Рис. 20. Параллельное соединение резисторов.

При нахождении общего сопротивления при параллельном соединении применяются две формулы:

1. Параллельное соединение резисторов с равными номиналами (рис. 20, б), формула имеет вид:

$$R_{\text{общ.}} = \frac{R}{n}, \text{ где } n - \text{ число резисторов}$$

$$R_{\text{общ.}} = R/n = 3 \text{ Ом}/3 = 1 \text{ ом}$$

2. Параллельное соединение резисторов с разными номиналами (рис. 20, в), формула имеет вид:

$$R_{\text{общ.}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1 \text{ Ом} \times 4 \text{ Ом}}{1 \text{ Ом} + 4 \text{ Ом}} = 0,8 \text{ Ом}$$

9. Как решать задачи на различное соединение резисторов?

Суть решения задач сводится к определению одного общего сопротивления путем преобразования всей схемы. Для этого последовательно из нескольких резисторов по формулам находят одно общее.

Задача № 1.

Дана схема (рис. 21). Определить общее сопротивление.

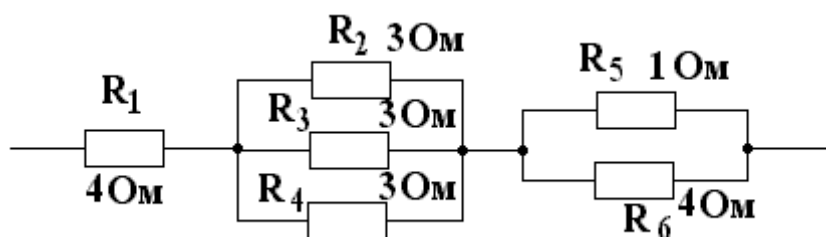


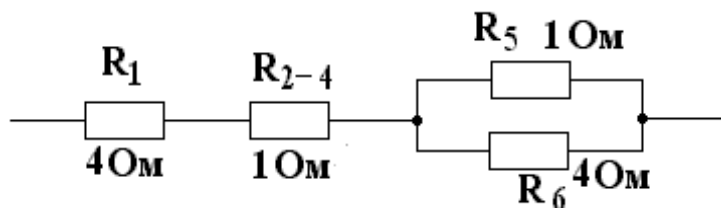
Рис. 21. Соединение резисторов.

Пример решения задачи:

1. Резисторы R_2 , R_3 , R_4 имеют параллельное соединение, причём, номиналы их равны. Поэтому применяем формулу и находим их общее сопротивление R_{2-4}

$$R_{2-4} = \frac{R}{n} = \frac{3 \text{ Ом}}{3} = 1 \text{ Ом}$$

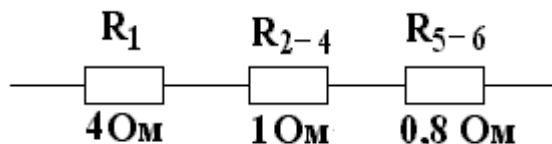
2. Преобразуем схему, заменяя резисторы R_2 , R_3 , R_4 на резистор R_{2-4} .



3. Резисторы R_5 , R_6 имеют параллельное соединение, причём, номиналы их неравны. Поэтому применяем формулу и находим их общее сопротивление R_{5-6} .

$$R_{5-6} = \frac{R_5 \cdot R_6}{R_5 + R_6} = \frac{1 \text{ Ом} \cdot 4 \text{ Ом}}{1 \text{ Ом} + 4 \text{ Ом}} = 0,8 \text{ Ом}$$

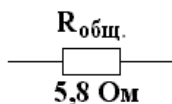
4. Преобразуем схему, заменяя резисторы R_5 , R_6 на резистор R_{5-6} .



5. Резисторы R_1 , R_{2-4} , R_{5-6} имеют последовательное сопротивление. Поэтому воспользуемся формулой и вычислим $R_{общ.}$:

$$R_{общ.} = R_1 + R_{2-4} + R_{5-6} = 4 \text{ Ом} + 1 \text{ Ом} + 0,8 \text{ Ом} = 5,8 \text{ Ом}$$

6. Преобразуем схему, заменяя резисторы R_1 , R_{2-4} , R_{5-6} на $R_{общ.}$.



Задача решена.

В электротехнике очень часто используют принципиальные схемы. Это чертежи, на которых с помощью условных рисунков и линий обозначены отдельные детали и проводники, соединяющие их. На **рис. 22** представлена электрическая цепь, состоящая из батарейки, проводников, выключателя и лампочки. На **рис. 23** нарисована её принципиальная схема, обозначенная условными символами.



Рис. 22. Простейшая электрическая цепь.

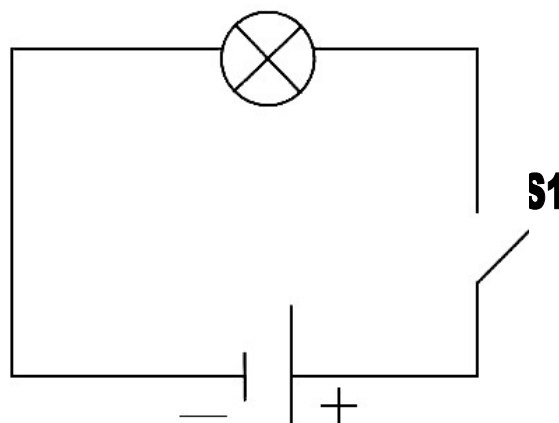


Рис. 23. Принципиальная схема простейшей электрической цепи.

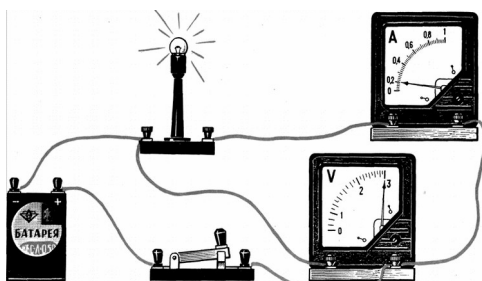


Рис. 24. Замкнутая электрическая цепь.

Если (+) и (-) источника тока замыкаются по цепи, то такая цепь называется замкнутой, если нет, то разомкнутой. На **рис. 24** представлена элементарная замкнутая цепь, т. к., полюса батарейки соединены между собой через другие элементы схемы.

10. Закон Ома.

Закон назван в честь учёного Георга Симпсона Ома. Он связывает между собой три электрические величины: ток, напряжение и сопротивление.

В этом законе по двум известным величинам можно найти третью неизвестную величину.

Закон гласит:

▪ сила тока прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению:

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

где, I – ток, в амперах;

U – напряжение, в вольтах;

R – сопротивление, в омах.

Для удобства запоминания применяют систему треугольника (рис. 25). Закрыв величину, которую мы хотим узнать, получаем равенство.

Например: закрыв ток (I), получаем U/R , закрыв напряжение (U), мы получаем $I * R$ и т. д.

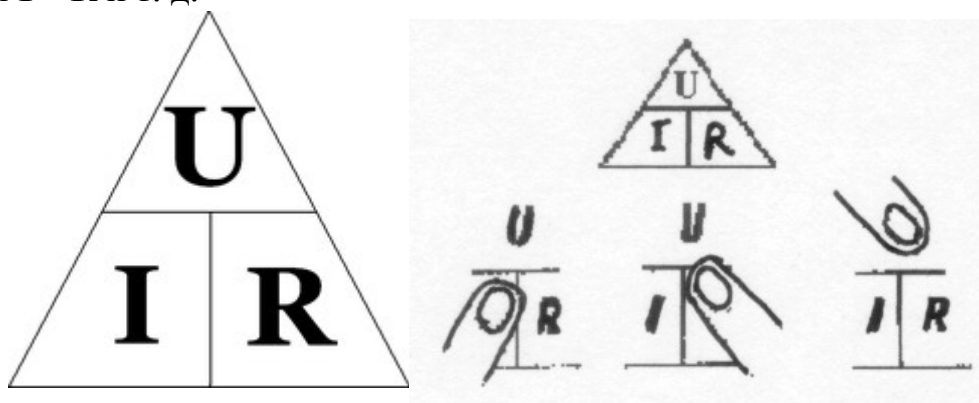


Рис. 25. Решение задач на закон Ома с помощью система треугольника.

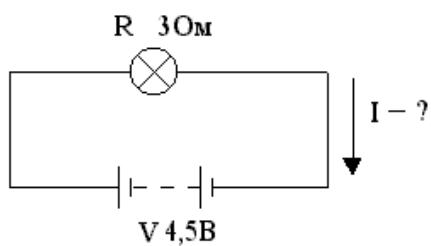
11. Как решать задачи на закон Ома?

Как видно из формулы закона Ома у нас может быть неизвестной одна из трёх величин: I , U , R .

Рассмотрим все три варианта:

Задача № 1.

Замкнутая цепь состоит из батарейки, лампочки накаливания и соединительных проводов. Напряжение батарейки 4,5 В. Лампочка имеет сопротивление 3 Ома. Какой ток течёт по проводам?



Комментарий:

В задаче известны две величины: сопротивление цепи (оно равно сопротивлению лампочки $R = 3 \text{ Ом}$) и напряжение цепи (оно равно напряжению батарейки $U = 4,5 \text{ В}$). Неизвестным является ток цепи I .

Решение.

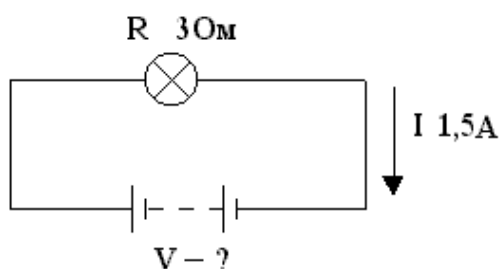
По закону Ома, используя систему треугольника, находим ток в цепи:

$$I = U/R = 4,5 \text{ В} / 3 \text{ Ом} = 1,5 \text{ А}$$

Ответ: ток цепи равен $1,5 \text{ А}$.

Задача № 2.

Замкнутая цепь состоит из батарейки, лампочки накаливания и соединительных проводов. Сопротивление лампочки 3 Ом . Ток в цепи равен $1,5 \text{ А}$. Какое напряжение имеет батарейка?



Комментарий:

В задаче известны две величины: сопротивление цепи (оно равно сопротивлению лампочки $R = 3 \text{ Ом}$) и ток цепи $1,5 \text{ А}$. Неизвестным является напряжение цепи (в данном случае это напряжение батарейки).

Решение.

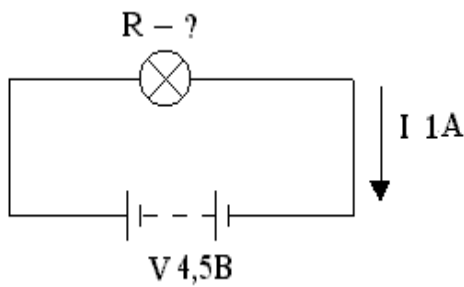
По закону Ома, используя систему треугольника, находим напряжение цепи:

$$I = U/R, \text{ тогда } U = I \cdot R = 1,5 \text{ А} \cdot 3 \text{ Ом} = 4,5 \text{ В}$$

Ответ: Напряжение в цепи равно $4,5 \text{ В}$.

Задача № 3.

Замкнутая цепь состоит из батарейки, лампочки накаливания и соединительных проводов. Ток в цепи равен 1 А . Напряжение батарейки $4,5 \text{ В}$. Какое сопротивление нити имеет лампочка накаливания?



Комментарий:
 В задаче известны две величины: напряжение батарейки 4,5 В и ток цепи 1,5 А. Неизвестным является сопротивление цепи R (в данном случае это сопротивление лампочки).

Решение.

По закону Ома, используя систему треугольника, находим сопротивление цепи:

$$I = U/R, \text{ тогда, } R = U/I = 4,5 \text{ В} / 1,5 \text{ А} = 3 \text{ Ом}$$

Ответ: сопротивление цепи 3 Ома.

12. Первый закон Кирхгофа.

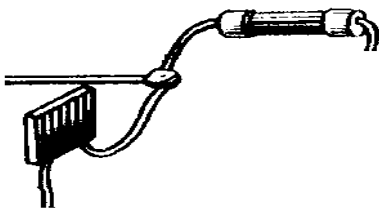


Рис. 26. Узел электрической цепи.

▪ Узлом в электротехнике называется соединение трёх и более проводников или радиодеталей (рис. 26).

▪ Узловой точкой называется место соединения проводников или радиодеталей.

Первый закон Кирхгофа относится к любому узлу сложности электрической цепи и гласит:

▪ Сумма токов, приходящих в любую узловую точку равна сумме токов, вытекающих из неё (рис. 27, а).

Например: к узловой точке притекает ток I_1 , а вытекает I_2 и I_3 . Найти ток I_2 , если $I_1 = 3 \text{ А}$ и $I_3 = 1 \text{ А}$.

Решение.

$$I_1 = I_2 + I_3 ; \quad I_2 = I_1 - I_3 = 3 \text{ А} - 1 \text{ А} = 2 \text{ А}$$

Ответ: $I_1 = 2 \text{ А}$

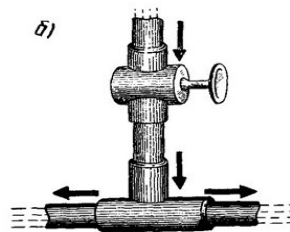
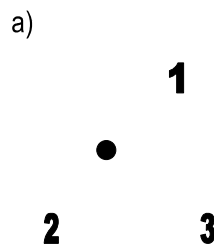


Рис. 27, а). Первый закон Кирхгофа; **б).** Полная аналогия с распределением потоков воды в соединенных друг с другом трубопроводах.