

Закон Ома для участка цепи и
полной цепи.

Закон Ома, основанный на опытах, представляет собой в электротехнике основной закон, который устанавливает связь силы электрического тока с сопротивлением и напряжением.

Строгая формулировка закона Ома для участка цепи может быть записана так: сила тока в проводнике прямо пропорциональна напряжению на его концах (разности потенциалов) и обратно пропорциональна сопротивлению этого проводника.

Формула закона Ома записывается в следующем виде:

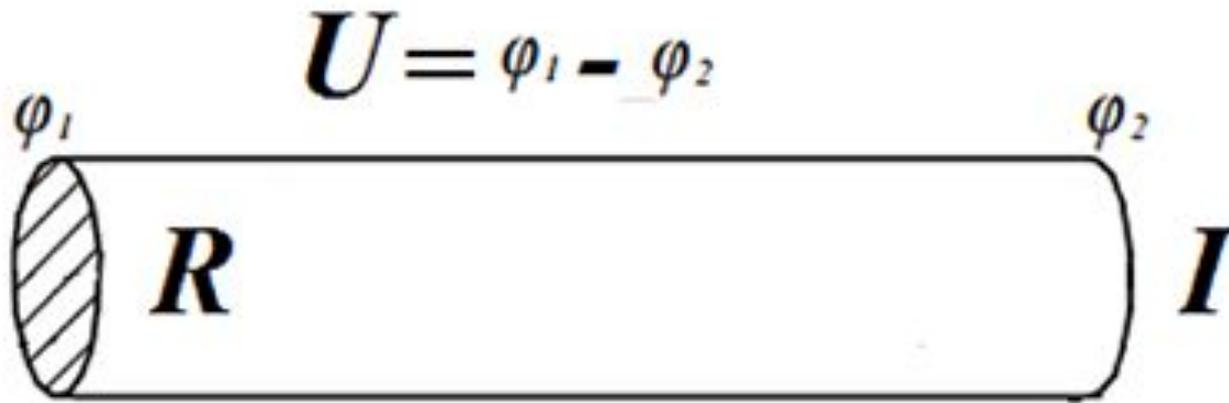
$$I = \frac{U}{R},$$

где

I – сила тока в проводнике, единица измерения силы тока - ампер [А];

U – электрическое напряжение (разность потенциалов), единица измерения напряжения- вольт [В];

R – электрическое сопротивление проводника, единица измерения электрического сопротивления - ом [Ом].



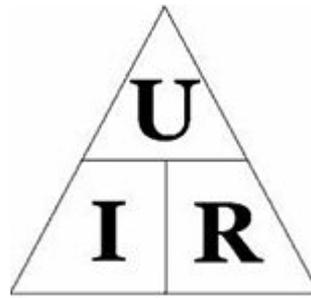
Согласно закону Ома, увеличение напряжения, например, в два раза при фиксированном сопротивлении проводника, приведёт к увеличению силы тока также в два раза

$$I_{\text{старый}} = \frac{12 \text{ В}}{4 \text{ Ом}} = 3 \text{ А}, \quad I_{\text{новый}} = \frac{24 \text{ В}}{4 \text{ Ом}} = 6 \text{ А}.$$

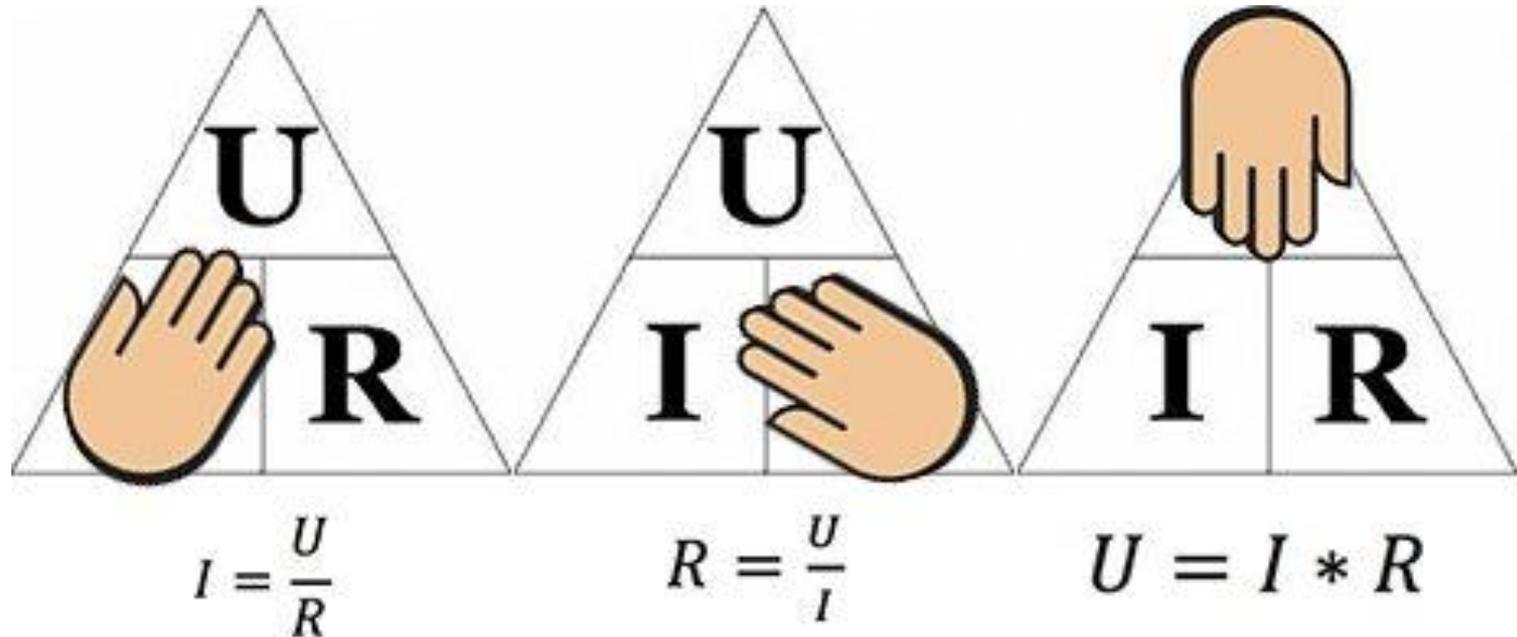
И напротив, уменьшение тока в два раза при фиксированном напряжении будет означать, что сопротивление увеличилось в два раза.

$$I = \frac{40 \text{ В}}{10 \text{ Ом}} = 4 \text{ А}, \quad I = \frac{40 \text{ В}}{20 \text{ Ом}} = 2 \text{ А}.$$

Существует мнемоническое правило для запоминания этого закона, которое можно назвать треугольник Ома. Изобразим все три характеристики (напряжение, сила тока и сопротивление) в виде треугольника. В вершине которого находится напряжение, в нижней левой части – сила тока, а в правой – сопротивление.



Правило работы такое: закрываем пальцем величину в треугольнике, которую нужно найти, тогда две оставшиеся дадут верную формулу для поиска закрытой.



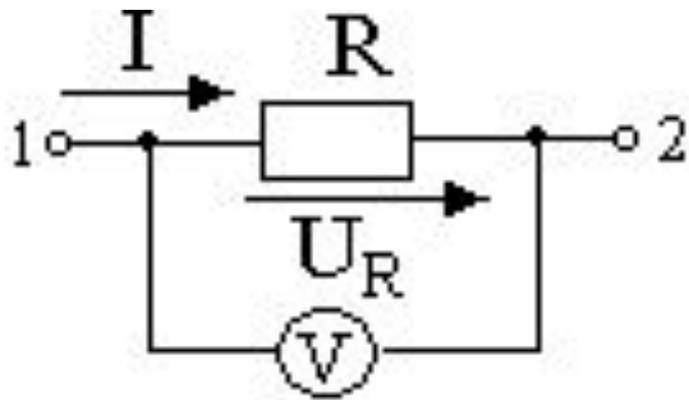


Рис.1. Участок цепи

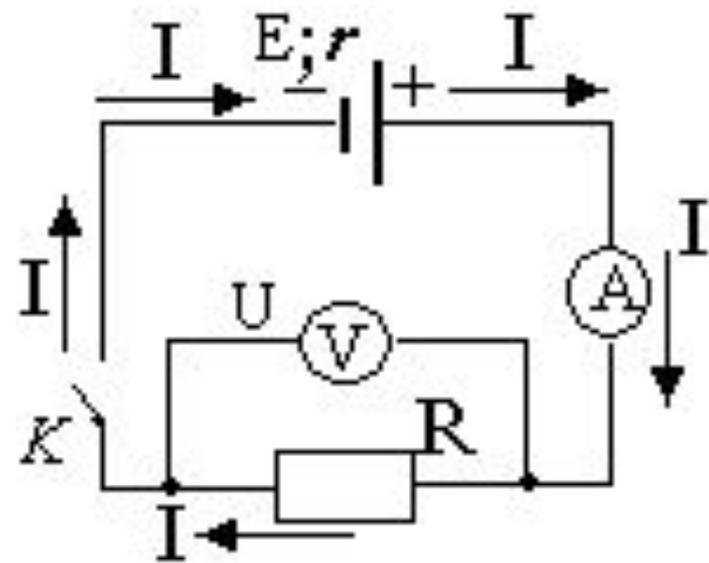


Рис.2. Полная цепь

Закон Ома для полной цепи: **сила тока I полной электрической цепи** равна ЭДС (электродвижущей силе) источника тока E , деленной на полное сопротивление цепи ($R + r$). Полное сопротивление цепи равно сумме сопротивлений внешней цепи R и внутреннего r источника тока. Формула закона $I = \frac{E}{R+r}$.
 На рис. 1 и 2 приведены схемы электрических цепей.

Существует два типа электрических сопротивлений - **омическое сопротивление** - электрическое сопротивление **постоянному** току, определяемое трением, создаваемым движению носителей электрических зарядов в проводящей среде под действием потенциального электрического поля в этой среде (проводнике).

активное сопротивление - электрическое сопротивление **переменному** току, определяемое трением, создаваемым движению носителей электрических зарядов в проводящей среде под действием потенциального и вихревого электрических полей в проводнике, проводящей среде.

Следует различать два следующих основных понятия удельного сопротивления.

1. Удельное электрическое сопротивление постоянному току - это электрическое сопротивление единицы длины проводника единичной площади сечения [$\text{Ohm}\cdot\text{m}$], оказываемое движению носителей заряда в проводнике, а также полупроводнике и проводящих ионы растворах, под действием потенциального электрического поля. Удельное электрическое сопротивление постоянному току с одной стороны является производным понятием от электрического сопротивления проводника, а с другой - базовым понятием электротехнического материаловедения, так как определяет свойства материала проводника вне зависимости от его длины и формы вообще.

2. Удельное электрическое сопротивление переменному току - это электрическое сопротивление единицы длины проводника единичной площади (для тонких проводников) $[\text{Ohm}\cdot\text{m}]$ / длины поверхности сечения (для толстых проводников) $[\text{Ohm}]$, оказываемое движению носителей заряда в проводнике, а также полупроводнике и проводящих ионы растворах, под совместным действием потенциального и вихревого электрического поля определенной частоты. Удельное электрическое сопротивление переменному току всегда больше, чем удельное сопротивление постоянному току в связи с тем, что к сопротивлению постоянному току добавляется всегда положительная величина - сопротивление вихревым движениям носителей электрических зарядов в проводнике.

Удельное электрическое сопротивление переменному току зависит не только от свойств материала проводника, но и его формы, определяющей параметры вихревого движения носителей электрического заряда. Размерность удельного сопротивления переменному току различна для тонких и толстых проводников. Толстыми проводниками считаются проводники полутолщиной большей, чем глубина проникновения тока в проводник.

В связи с электромагнитными явлениями, возникающими в проводниках при прохождении через него переменного тока в них возникает два важных для их электротехнических свойств физических явления.

1. Поверхностный эффект, скин-эффект - затухание электромагнитного поля по мере его проникновения в

проводящую среду.

2. Эффект близости - снижение плотности тока в проводе из-за влияния токов в соседних проводах. Два последних явления делают неэффективным применение проводников радиусом больше характерной глубины проникновения электрического тока в проводник. Эффективный диаметр проводников ($2R_{\text{Б}_{\text{хар}}}$): 50Гц - 2,8 мм для 400Гц - 1мм, 40кГц - 0,1мм. В связи с высокой проводимостью металлов их сопротивление измеряется специальными приборами -

микроомметрами, сегодня, как правило, цифровыми, имеющими нижний предел измерения сопротивления порядка 10^{-7} Ом. Используя микроомметры, можно определить качество электрических контактов, сопротивление электрических шин, обмоток трансформаторов, электродвигателей и генераторов, наличие дефектов и инородного металла в слитках (например, сопротивление слитка чистого золота вдвое ниже позолоченного слитка вольфрама).

Для расчета длины провода, его диаметра и необходимого электрического сопротивления, необходимо знать удельное сопротивление проводников ρ .

В международной системе единиц удельное сопротивление ρ выражается формулой:

$$\rho = \text{Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}.$$

Оно означает: электрическое сопротивление 1 метра провода (в Омах), сечением 1 мм², при температуре 20 градусов по Цельсию.

Сопротивление проводника можно определить по формуле:

$$r = \frac{\rho \times l}{S},$$

где r - сопротивление проводника в омах;

ρ - удельное сопротивление проводника;

l - длина проводника в м;

S - сечение проводника в мм².

Таблица удельных сопротивлений проводников

Материал проводника	Удельное сопротивление ρ $\frac{\text{ом}\cdot\text{мм}^2}{\text{м}}$
Серебро	0,015
Медь	0,0175
Золото	0,023
Латунь	0,025... 0,108
Алюминий	0,028
Натрий	0,047
Иридий	0,0474
Вольфрам	0,05
Цинк	0,054
Молибден	0,059
Никель	0,087
Бронза	0,095... 0,1
Железо	0,1
Сталь	0,103... 0,137
Олово	0,12
Свинец	0,22
Никелин (сплав меди, никеля и цинка)	0,42
Манганин (сплав меди, никеля и марганца)	0,43... 0,51
Константан (сплав меди, никеля и алюминия)	0,5
Титан	0,6
Ртуть	0,94
Нихром (сплав никеля, хрома, железа и марганца)	1,05... 1,4
Фехраль	1,15... 1,35
Висмут	1,2
Хромаль	1,3... 1,5

Способность металлов менять свое сопротивление с изменением температуры используется для устройства термометров сопротивления. Такой термометр представляет собой платиновую проволоку, намотанную на слюдяной каркас. Помещая термометр, например, в печь и измеряя сопротивление платиновой проволоки до и после нагрева, можно определить температуру в печи.

температурный коэффициент сопротивления - это изменение сопротивления проводника при его нагревании, приходящееся на 1 Ом первоначального сопротивления и на 1° температуры, обозначается буквой α .

Если при температуре t_0 сопротивление проводника равно r_0 , а при температуре t равно r_t , то температурный коэффициент сопротивления

$$\alpha = \frac{r_t - r_0}{r_0 \times (t - t_0)}$$

Расчет по этой формуле можно производить лишь в определенном интервале температур (примерно до 200° С).

Приводим значения температурного коэффициента сопротивления α для некоторых металлов (таблица 2).

Таблица 2

Значения температурного коэффициента для некоторых металлов

Из формулы температурного коэффициента сопротивления определим r_t :

$$r_t = r_0 [1 + \alpha (t - t_0)].$$

Металл	α	Металл	α
Серебро	0,0035	Ртуть	0,0090
Медь	0,0040	Никелин	0,0003
Железо	0,0066	Константан	0,000005
Вольфрам	0,0045	Нихром	0,00016
Платина	0,0032	Манганин	0,00005

Контрольные вопросы:

1. Что такое температурный коэффициент сопротивления?
2. Что такое удельное сопротивление?
3. Закон Ома для полной цепи.