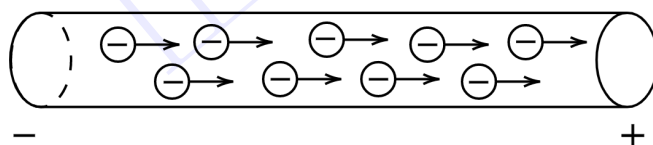


ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА

Электрический ток

Проводник — вещество, среда, материал, хорошо проводящие электрический ток. В проводнике имеется большое число свободных носителей заряда — электронов. Эти электроны могут свободно перемещаться внутри объема проводника и под действием приложенного к проводнику электрического напряжения создают электрический ток.



Электрический ток — это направленное (упорядоченное) движение заряженных частиц, при котором происходит перенос заряда из одних областей пространства в другие. Направление тока условно принято всегда от плюса к минусу.

Условия существования постоянного тока в цепи:

- наличие свободных заряженных частиц;
- наличие электрического поля (разности потенциалов на концах проводника).

Сила тока — количественная характеристика электрического тока, равная отношению количества заряда, прошедшего через некоторую поверхность за некоторое время, к величине этого промежутка времени:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Единицы измерения:

$[A] = A$ — ампер.

Электрическое напряжение — это разность потенциалов в начальной и конечной точках траектории.

$$U = \varphi_1 - \varphi_2$$

Напряжение численно равно работе электростатического поля при перемещении единичного положительного заряда вдоль силовых линий этого поля.

$$U = \frac{A_{\text{эл}}}{q}$$

Единицы измерения:

$[U] = \text{В}$ — вольт.

Измерение силы тока и напряжения

- Для измерения силы тока используется измерительный прибор — амперметр. Включается в цепь *последовательно*.
- Для измерения напряжения используется измерительный прибор — вольтметр. Включается в цепь *параллельно*.

Закон Ома для участка цепи

Закон Ома показывает зависимость силы тока от напряжения:

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

Формулировка: величина тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению, приложенному к этому участку цепи, и обратно пропорциональна его сопротивлению.

Сопротивление

Омическое сопротивление — сопротивление цепи постоянному току, вызывающее безвозвратные потери энергии постоянного тока.

Единицы измерения:

$[R] = \text{Ом}$ — ом.

Измерение сопротивления

Омметр — это измерительный прибор, служащий для определения величины сопротивления в электрических цепях.

Удельное сопротивление

Возьмем два проводника из одинакового материала с равными поперечными сечениями; пусть отличаются только их длины. Ясно, что сопротивление будет больше у того проводника, у которого больше длина. В самом деле, при большей длине проводника свободным зарядам труднее пройти сквозь него: каждый свободный электрон встретит на своем пути больше ионов кристаллической решетки.

Пусть теперь проводники отличаются только площадью поперечного сечения. Ясно, что чем больше площадь, тем меньше сопротивление проводника. Сопротивление проводника прямо пропорционально его длине l и обратно пропорционально площади поперечного сечения S :

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Коэффициент пропорциональности ρ уже не зависит от геометрии проводника; он является характеристикой вещества проводника и называется удельным сопротивлением данного вещества.

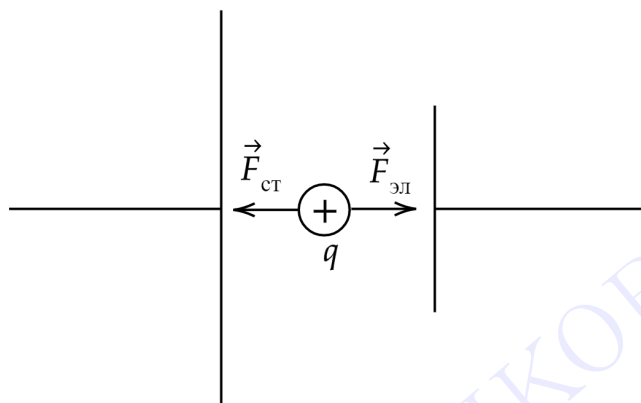
Единицы измерения:

$[\rho] = \text{Ом} \cdot \text{м}$ — ом на метр.

Электродвижущая сила (ЭДС)

Для того чтобы ввести понятие ЭДС, разберемся сначала со сторонними силами.

По цепи идет ток, стало быть, имеется сила, «протаскивающая» заряд сквозь источник вопреки противодействию электрического поля клемм. Эта сила называется сторонней силой. Именно благодаря ей и функционирует источник тока.



Сторонняя сила $\vec{F}_{\text{ст}}$ не имеет отношения к стационарному электрическому полю. Обозначим через $A_{\text{ст}}$ работу сторонней силы по перемещению положительного заряда q внутри источника тока от отрицательной клеммы к положительной. Эта работа положительна, так как направление сторонней силы совпадает с направлением перемещения заряда. Работа сторонней силы $A_{\text{ст}}$ называется также работой источника тока.

Во внешней цепи сторонняя сила отсутствует, так что работа сторонней силы по перемещению заряда во внешней цепи равна нулю. Поэтому работа сторонней

силы по перемещению заряда q вокруг всей цепи сводится к работе по перемещению этого заряда только лишь внутри источника тока. Таким образом, $A_{\text{ст}}$ — это также работа сторонней силы по перемещению заряда по всей цепи.

Сторонняя сила является непотенциальной — ее работа при перемещении заряда по замкнутому пути не равна нулю. Именно эта непотенциальность и обеспечивает циркулирование электрического тока; потенциальное электрическое поле не может поддерживать постоянный ток. Опыт показывает, что работа $A_{\text{ст}}$ прямо пропорциональна перемещаемому заряду q . Поэтому отношение $\frac{A_{\text{ст}}}{q}$ уже не зависит от заряда и является количественной характеристикой источника тока. Это отношение обозначается ε :

$$\varepsilon = \frac{A_{\text{ст}}}{q}$$

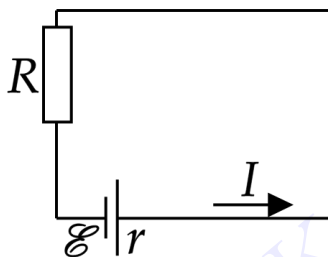
Данная величина называется электродвижущей силой (ЭДС) источника тока.

Единицы измерения:

$[\varepsilon] = \text{В}$ — вольт.

Закон Ома для полной цепи

Закон Ома для полной цепи — эмпирический (полученный из эксперимента) закон, устанавливающий связь между силой тока, электродвижущей силой (ЭДС), внешним и внутренним сопротивлением в цепи.

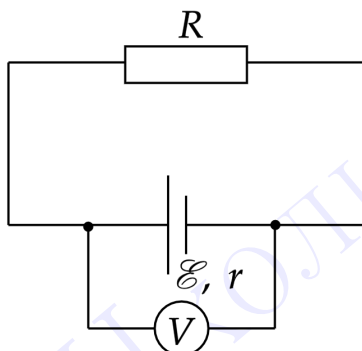


Сила тока в полной цепи прямо пропорциональна ЭДС и обратно пропорциональна полному сопротивлению цепи, где под полным сопротивлением понимается сумма внешних и внутренних сопротивлений.

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

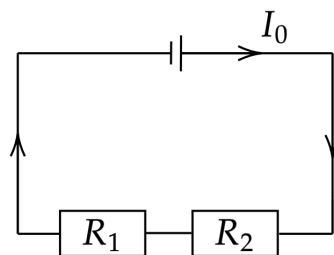
Напряжение на источнике

Напряжение на источнике тока находится как разность ЭДС и произведения силы тока через источник на внутреннее сопротивление: $U = \varepsilon - Ir$



Последовательное и параллельное соединение проводников

• Последовательное соединение



- $I_0 = I_1 = I_2$
- $U_0 = U_1 + U_2$
- $R_0 = R_1 + R_2$

1) При последовательном соединении проводников сила тока в них одинакова.

$$I_0 = I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

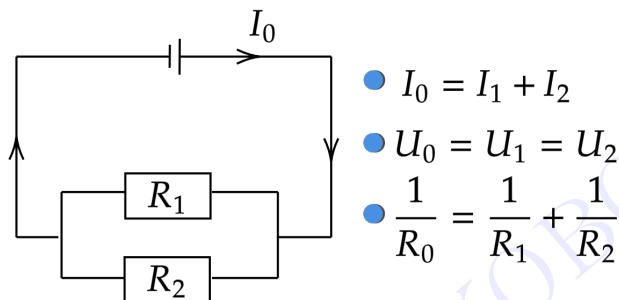
2) Напряжение на участке, состоящем из последовательно соединенных проводников, равно сумме напряжений на каждом проводнике.

$$U_0 = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

3) Сопротивление участка, состоящего из последовательно соединенных проводников, равно сумме сопротивлений каждого проводника.

$$R_0 = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

• Параллельное соединение



1) Сила тока в неразветвленной части цепи равна сумме сил токов в каждой ветви

$$I_0 = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

2) Напряжение на каждой ветви одинаково и равно напряжению на неразветвленной части цепи.

$$U_0 = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

3) Величина, обратная сопротивлению участка параллельного соединения, равна сумме величин, обратных сопротивлению ветвей.

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Общее сопротивление для двух параллельно соединенных резисторов:

$$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Общее сопротивление для N параллельно соединенных резисторов, имеющих одинаковые сопротивления:

$$R_0 = \frac{R}{N}$$

Свойства 1, 2 справедливы для **любых** элементов электрической цепи (диоды, катушки индуктивности, конденсаторы и т.д.).

Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца

Работа тока

$$A = U \Delta q = UI \Delta t$$

Единицы измерения:

$[A] = \text{Дж}$ — джоуль.

Мощность тока — отношение работы тока ко времени, за которое эта работа совершена.

$$P = \frac{A}{\Delta t} = UI$$

Единицы измерения:

$[P] = \text{Вт}$ — ватт.

Выражая из закона Ома различные величины, можно получить следующие формулы для мощности:

$$P = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

Закон Джоуля-Ленца

Пусть на рассматриваемом участке цепи не совершается механическая работа и не протекают химические реакции. Работа поля A целиком превращается в тепло $Q = A$.

$$Q = UI t = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$$