



# **ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

## Закон Ома для полной цепи

Сила тока (А)

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

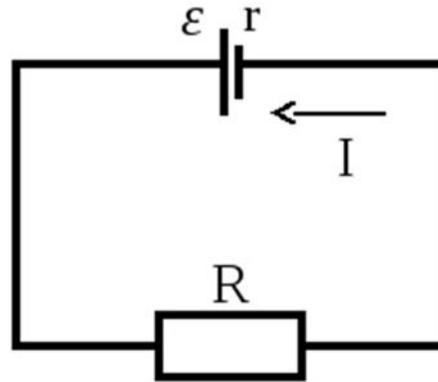
ЭДС-  
электродвижущая  
сила источника  
тока (В)

Сопротивление  
нагрузки (Ом)

Внутреннее  
сопротивление  
источника тока  
(Ом)

- Сила тока в цепи прямо пропорциональна электродвижущей силе источника тока и обратно пропорциональна сумме электрических сопротивлений внешнего и внутреннего участков цепи.

Если к источнику питания подключить внешнюю цепь сопротивлением  $R$ , то в цепи пойдёт ток с учётом внутреннего сопротивления источника:



Если ток в цепи равен нулю - цепь разомкнута, ЭДС источника равна напряжению на его выводах.

В случаях, когда внутренним сопротивлением источника можно пренебречь ( $r \approx 0$ ), напряжение на выводах источника будет равно ЭДС ( $\approx U$ ) независимо от сопротивления внешней цепи  $R$ .

Такой источник питания называют источником напряжения.



Теоретически на выводах у идеального источника напряжение не зависит от величины тока нагрузки и является постоянной величиной. Однако, это условная абстракция, которая не может быть осуществлена на практике. У реального источника при увеличении тока нагрузки значение напряжения на зажимах всегда уменьшается.

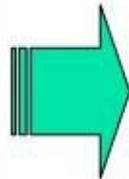
Источник тока – это источник питания, создающий ток, который является строго постоянной величиной и никак не зависит от значения сопротивления на подключенной нагрузке, а внутреннее сопротивление его приближается к бесконечности. Это тоже теоретическое допущение, которое на практике не может быть достигнуто.

# Закон Ома для участка цепи

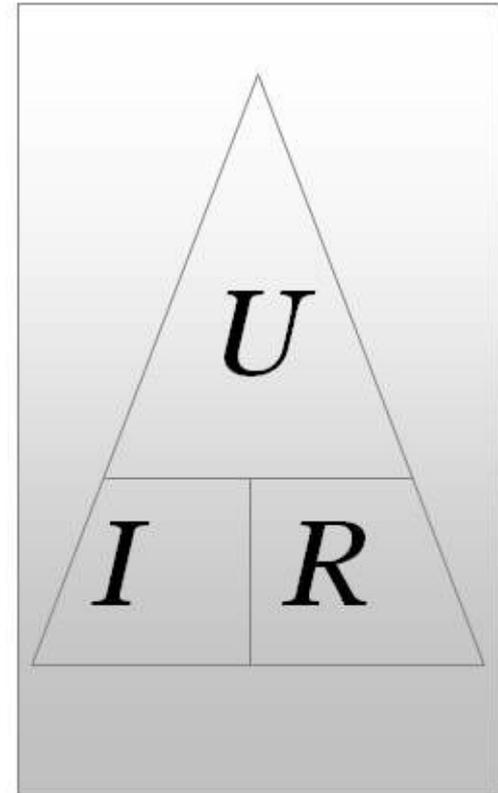
$$I = \frac{U}{R}$$



$$U = I \cdot R$$



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



# Первый закон Кирхгофа.

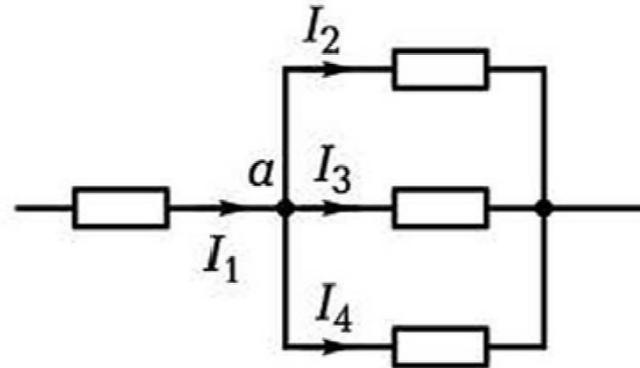
- В ветвях, образующих узел электрической цепи, алгебраическая сумма токов равна нулю.

$$I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = 0.$$

При этом направленный к узлу ток принято считать положительным, а направленный от узла — отрицательным.

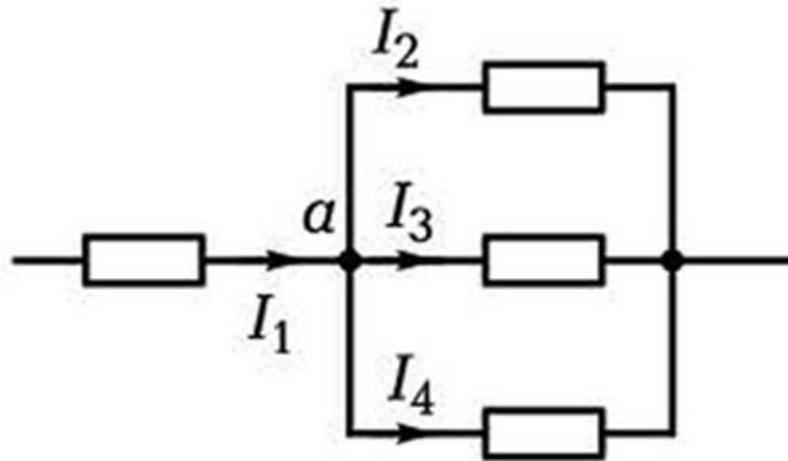
- Сумма токов, направленных к узлу электрической цепи, равна сумме токов, направленных от этого узла. Иными словами, сколько тока втекает в узел, столько из него и вытекает.

$$I_1 = I_2 + I_3 + \dots + I_n.$$



## Пример:

- Найти  $I_4$ , если то  $I_1=140$  мА,  $I_2= 40$ мА,  $I_3= 60$ мА.

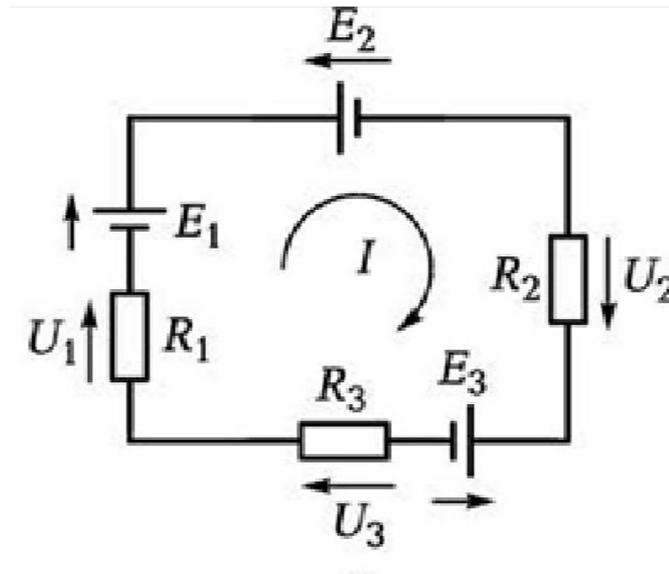


# Второй закон Кирхгофа

В замкнутом контуре электрической цепи сумма всех ЭДС равна сумме падения напряжения в сопротивлениях того же контура.

- $E_1 + E_2 + \dots + E_n = U_1 + U_2 + \dots + U_n = I_1 R_1 + I_2 R_2 + \dots + I_n R_n.$

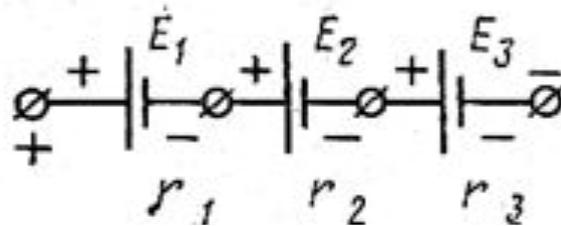
- $\sum E = \sum U = \sum IR$



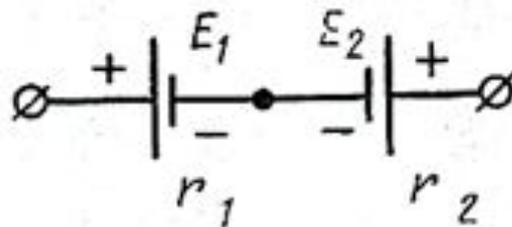
$$E_1 - E_2 - E_3 = U_1 + U_2 + U_3 = I(R_1 + R_2 + R_3 + r_{01} + r_{02} + r_{03}).$$

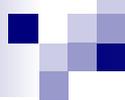
- При составлении уравнений выбирают направление обхода цепи и произвольно задаются направлениями токов.

Если в электрической цепи включены два источника энергии, ЭДС которых совпадают по направлению, т. е. согласно, то ЭДС всей цепи равна сумме ЭДС этих источников, т. е.  $E = E_1 + E_2 + E_3$ .



Если же в цепь включено два источника, ЭДС которых имеют противоположные направления, т. е. включены встречно, то общая ЭДС цепи равна разности ЭДС этих источников  $E = E_1 - E_2$ .





Первый и второй законы Кирхгофа, записанные для всех независимых узлов и контуров разветвленной цепи, дают в совокупности необходимое и достаточное число алгебраических уравнений для расчета электрической цепи. Таким образом, законы Кирхгофа сводят расчет разветвленной электрической цепи к решению системы линейных алгебраических уравнений.

## Закон сохранения энергии (баланс мощностей)

- Электрическая энергия (мощность), вырабатываемая источниками, равна энергии (мощности), потребляемой нагрузкой и вспомогательными элементами:

$$\sum P_{\text{ист}} = \sum P_{\text{н}} + \sum P_{\text{всп}}$$

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

Законы Ома и Кирхгофа используют для расчета ЭЦ, закон сохранения энергии — как правило, для проверки правильности расчетов.

# Закон Джоуля—Ленца

## (закон теплового действия тока)

Знаменитый русский физик Ленц и английский физик Джоуль, проводя опыты по изучению тепловых действий электрического тока, независимо друг от друга вывели закон Джоуля-Ленца. Данный закон отражает взаимосвязь количества теплоты, выделяемого в проводнике, и электрического тока, проходящего по этому проводнику в течение определенного периода времени.

Согласно закону Джоуля - Ленца, электрический ток, проходящий по проводнику, сопровождается количеством теплоты, прямо пропорциональным квадрату тока и сопротивлению, а также времени течения этого тока по проводнику.

# Закон Джоуля-Ленца

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

- Q – количество теплоты, выделяемое за время t проводником при протекании по нему эл. тока, Дж
- I – сила тока, текущего по проводнику, А
- R – сопротивление проводника, Ом
- t – время, в течение которого по проводнику течет ток, с

Джоуль - это единица измерения количества теплоты, используемая в международной системе единиц (СИ). Она чаще используется в физике, а в теплотехнике большее распространение имеет внесистемная единица измерения с названием «калория». Для пересчета джоулей в калории термохимические надо использовать соотношение, в котором 1 джоуль примерно равен 0.239005736 калории.

$$\blacksquare Q = 0,24 \cdot I^2 R t$$

Величина "к" представляет собой тепловой эквивалент работы и применяется в тех случаях, когда количество теплоты измеряется в калориях, сила тока – в амперах, сопротивление – в Омах, а время – в секундах. Численное значение величины к составляет 0,24, что соответствует току в 1 ампер, который при сопротивлении проводника в 1 Ом, выделяет в течение 1 секунды количество теплоты, равное 0,24 ккал.

В соответствии с законом Ома  $I = U/R$ . Если это значение силы тока подставить в основную формулу, она приобретет следующий вид:  $Q = (U^2/R)t$ .

Основная формула  $Q = I^2Rt$  очень удобна для использования при расчетах количества теплоты, которое выделяется в случае последовательного соединения. Сила тока во всех проводниках будет одинаковая. При последовательном соединении сразу нескольких проводников, каждый из них выделит столько теплоты, которое будет пропорционально сопротивлению проводника.

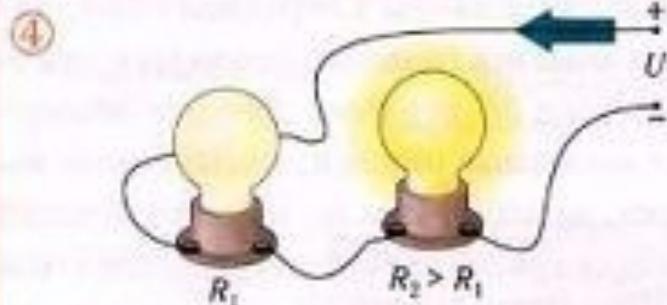
Если последовательно соединить три одинаковые проволоочки из меди, железа и никелина, то максимальное количество теплоты будет выделено последней. Это связано с наибольшим удельным сопротивлением никелина и более сильным нагревом этой проволоочки.

При параллельном соединении этих же проводников, значение электрического тока в каждом из них будет различным, а напряжение на концах – одинаковым. В этом случае для расчетов больше подойдет формула  $Q = (U^2/R)t$ . Количество теплоты, выделяемое проводником, будет обратно пропорционально его проводимости.

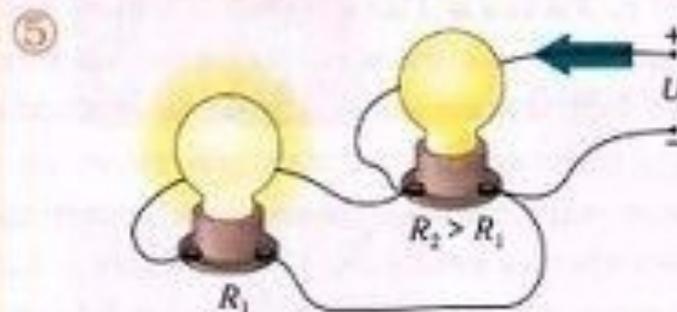
- Закон Джоуля - Ленца широко используется для расчетов установок электрического освещения, различных отопительных и нагревательных приборов, а также других устройств, связанных с преобразованием электрической энергии в тепловую.

③ ЗАКОН ДЖОУЛЯ-ЛЕНЦА:

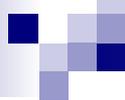
$$Q = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$$



При последовательном соединении лампа с большим сопротивлением горит ярче

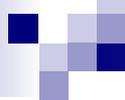


При параллельном соединении лампа с большим сопротивлением горит слабее



На нагревании проводников электрическим током основано устройство электрического освещения, электронагревательных приборов, электрических печей, многих типов измерительной и медицинской аппаратуры и т. д.

Электрическое нагревание проводников не всегда находит полезное применение. Так, в проводах линий электропередач нагревание связано с бесполезной затратой электрической энергии, при больших токах может создавать опасность возникновения пожаров. Во избежание чрезмерного нагрева линейных проводов, а также различных обмоток электрических машин и аппаратов из изолированной проволоки для электрической аппаратуры установлены нормы максимальных значений токов, пропускаемых по данному проводу или обмотке.



При прохождении тока через проводник температура его быстро повышается, так как разность температур проводника и окружающей среды мала. Поэтому теплота, излучаемая в изолирующую среду, мала и расходуется в основном на нагрев проводника. С увеличением температуры провода растет как разность температур провода и окружающей среды, так и теплота, отдаваемая в окружающую среду, т. е. повышение температуры провода замедляется. При некоторой установившейся температуре провода наступает равновесие между теплотой, выделяемой током, и теплотой, отдаваемой в окружающую среду. Ток, при котором устанавливается наибольшая допустимая температура провода, называется допустимым током. Наибольшая допустимая температура зависит от изоляции провода и способа его прокладки.

Расчет проводов по формулам, основанные на законах нагрева, очень сложны. На практике допустимое для данного тока сечение провода определяется по таблицам допустимых длительных токовых нагрузок на провода и кабели, приведенным в Правилах устройства электроустановок (ПУЭ).

Поперечные сечения проводников, мм <sup>2</sup>	Допустимый ток, А для проводов		Поперечные сечения проводников, мм <sup>2</sup>	Допустимый ток, А для проводов	
	Медных	Алюминиевых		Медных	Алюминиевых
0,5	11	—	6	50	36
1	17	—	10	80	55
2,5	30	24	25	140	105
4	41	32	50	215	165

- Провод выбирается такого сечения, чтобы допустимый ток его был равен или больше заданного или расчетного тока.