



Законы постоянного тока

Лекция № 2



Содержание лекции:

- ***Закон Ома. Сопротивление проводников***
- ***Мощность тока***
- ***Закон Джоуля-Ленца***
- ***Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа***

Закон Ома. Сопротивление проводников

Основной закон электродинамики был открыт в 1826 г. немецким физиком Омом.

Закон Ома: *сила тока, текущего по однородному металлическому проводнику, пропорциональна падению напряжения на проводнике:*

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

R – электрическое сопротивление проводника ([R]=Ом)

1 **Ом** – это такое сопротивление, при котором при напряжении 1 В по проводнику течет ток 1 А.

Сопротивление проводника определяется его формой, размерами, материалом.

ОМ Георг Симон (1787-1854)

Немецкий физик, вывел теоретически и подтвердил на опыте закон, выражающий связь между силой тока в цепи, напряжением и сопротивлением. Занимался акустикой и , кристаллооптикой, член Баварской АН (1845), член-корреспондент Берлинской АН, иностранный почетный член Лондонского Королевского общества (1842).



Для однородного цилиндрического проводника:

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

l – длина проводника;

S – площадь поперечного сечения;

ρ – *удельное электрическое сопротивление проводника, $[\rho] = \text{Ом} \cdot \text{м}$.*

Воспользовавшись определениями I , R , E , U , получим:

$$\vec{j} = \frac{1}{\rho} \vec{E} = \sigma \vec{E}$$

– *закон Ома в дифференциальной форме.*

$$\sigma \equiv \frac{1}{\rho}$$

– *удельная электрическая проводимость.*

$$[\sigma] = \frac{\text{Сименс}}{\text{м}} = \frac{\text{См}}{\text{м}}$$

$$\text{См} = \frac{1}{\text{Ом}}$$

$$\vec{j} = \frac{1}{\rho} \left(\vec{E} + \vec{E}_{\text{стор}} \right)$$

- закон Ома для неоднородного участка цепи (в дифференциальной форме)

Сила тока одинакова в каждом сечении проводника, следовательно:

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}_{12}}{R}$$

- закон Ома для неоднородного участка цепи (в интегральной форме)

$$I = \frac{\mathcal{E}_{12}}{R}$$

- для замкнутой цепи ($\varphi_1 = \varphi_2$)

Мощность тока

Работа, совершаемая электростатическими и сторонними силами за время t :

$$A = q \cdot U = It \cdot U = IUt.$$

Мощность, развиваемая током на данном участке цепи:

$$P \equiv \frac{A}{t} = IU = I(\varphi_1 - \varphi_2) + I\mathcal{E}_{12}$$

Удельная мощность — отношение мощности, развиваемой током в объеме проводника ΔV к этому объему.

$$P_{\text{уд}} \equiv \frac{\Delta P}{\Delta V} = \vec{j} \left(\vec{E} + \vec{E}_{\text{стор}} \right)$$

Закон Джоуля – Ленца

Изменение внутренней энергии *неподвижного* проводника *в отсутствие химических реакций в нем* под действием тока:

$$Q = A = q \cdot U = It \cdot U = IUt.$$

Воспользовавшись законом Ома, получим

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

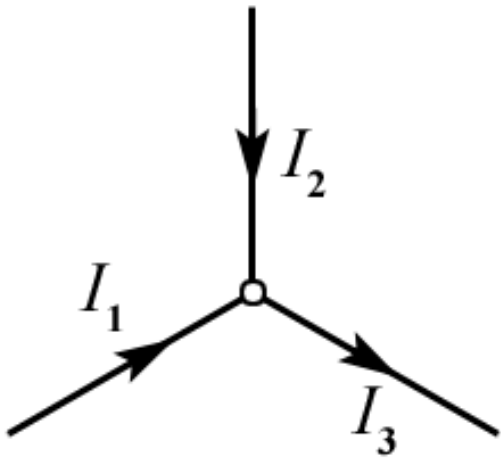
- закон Джоуля – Ленца

Удельная тепловая мощность тока – количество теплоты, выделившейся в единице объема за единицу времени.

$$Q_{\text{уд}} = \rho j^2 = \sigma E^2$$

- закон Джоуля – Ленца в дифференциальной форме

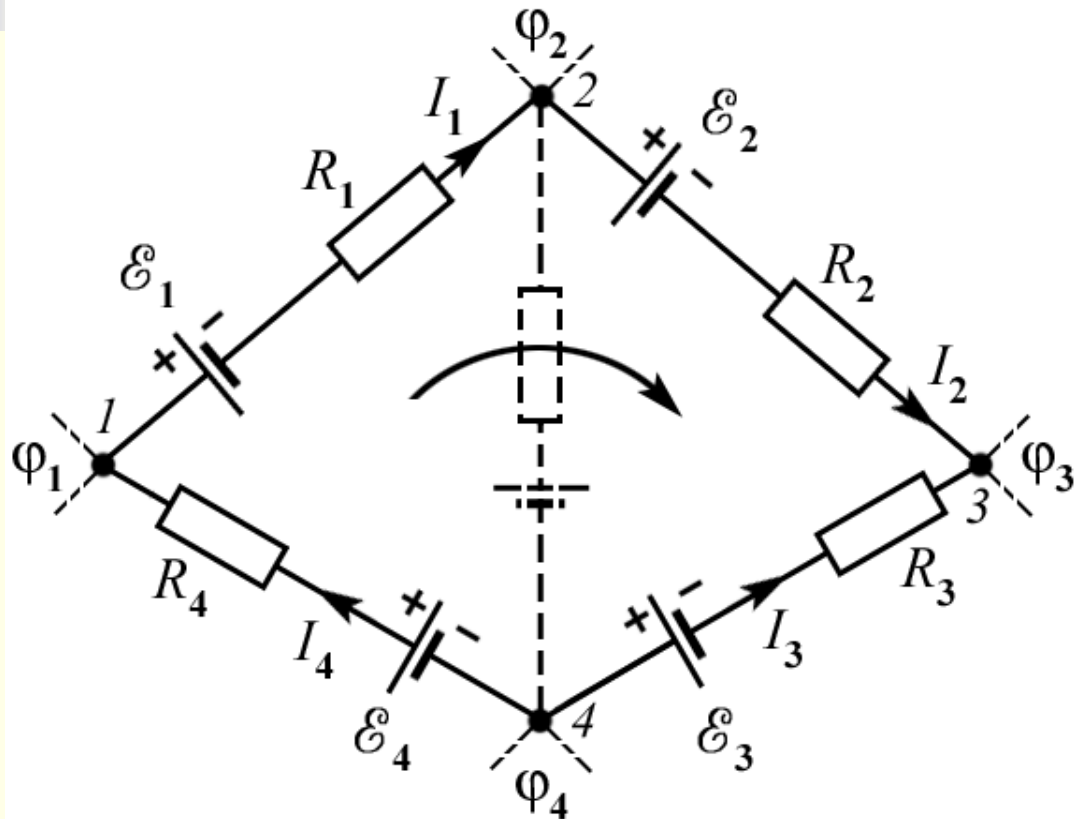
Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа



Узел – точка, в которой сходятся более чем 2 проводника.

Первый закон Кирхгофа: в любом узле цепи алгебраическая сумма токов равна нулю, при этом втекающие и вытекающие токи имеют противоположные знаки.

$$\sum_n I_n = 0$$



Для каждого из
неразветвленных
участков по закону Ома

$$I_1 R_1 = \varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}_1$$

$$I_2 R_2 = \varphi_2 - \varphi_3 + \mathcal{E}_2$$

$$I_3 R_3 = \varphi_3 - \varphi_4 + \mathcal{E}_3$$

$$I_4 R_4 = \varphi_4 - \varphi_1 + \mathcal{E}_4$$

$$\sum_k I_k R_k = \sum_k \mathcal{E}_k$$

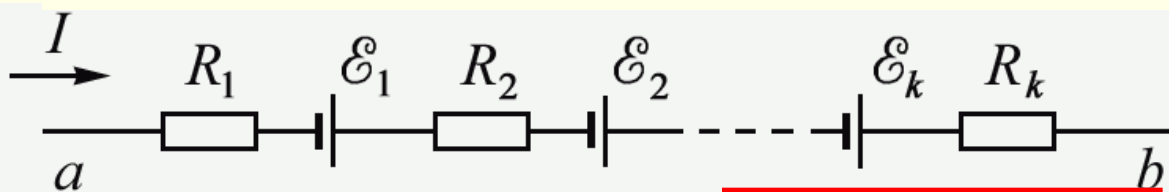
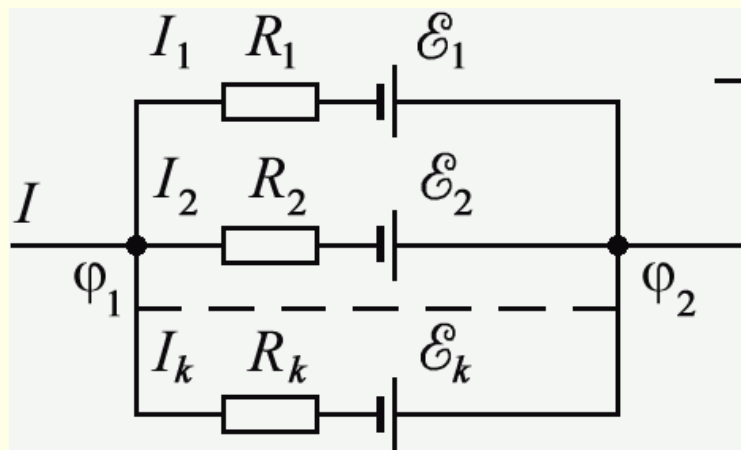
Второй закон Кирхгофа: в любом замкнутом контуре токов алгебраическая сумма произведений тока на сопротивление равна сумме сторонних ЭДС, приложенных к этому контуру.

При расчете цепей необходимо учитывать:

- 1) Учет знака I, \mathcal{E}
- 2) Через любое сечение неразветвленного участка цепи течет один и тот же ток

При **параллельном** соединении проводников:

При **последовательном** соединении проводников:



$$I = I_k$$

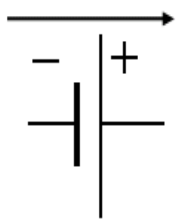
$$R = \sum_k R_k$$

$$\mathcal{E} = \sum_k \mathcal{E}_k$$

$$I = \sum_k I_k$$

$$\frac{1}{R} = \sum_k \frac{1}{R_k},$$

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_k$$



Э.д.с. считается положительной, если направление обхода происходит от $-$ к $+$ источника тока, т.е. Э.д.с. создает ток, совпадающий с направлением обхода.

Порядок расчета разветвленной цепи:

1. Произвольно выбрать и обозначить на чертеже направление токов во всех участках цепи.
2. Подсчитать число узлов в цепи (m). Записать первый закон Кирхгофа для каждого из ($m-1$) узлов.
3. Выделить произвольно замкнутые контуры в цепи, произвольно выбрать направления обхода контуров.
4. Записать для контуров второй закон Кирхгофа. Если цепь состоит из p -ветвей и m -узлов, то число независимых уравнений 2-го закона Кирхгофа равно ($p-m+1$).