

Электротехника 1.3

- 16 часов лекций(8)
- 16 часов лабораторных работ (8)
- 16 часов практик (8)
- Экзамен

Литература:

- 1. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника.- М.: Издательский центр «Академия», 2003 г.**
- 2. Электротехника и электроника. Кн.1:Электрические цепи/Под ред. В.Г. Герасимова. - М.: Энергоатомиздат, 1996 г.**
- 3. Лукутин А.В., Шандарова Е.Б. Электротехника и электроника. - Томск: Изд-во ТПУ, 2010 г.**

**Основные понятия и
величины,
характеризующие
электрическую цепь**

**Электрическая цепь – это
совокупность устройств,
предназначенных для прохождения
электрического тока**

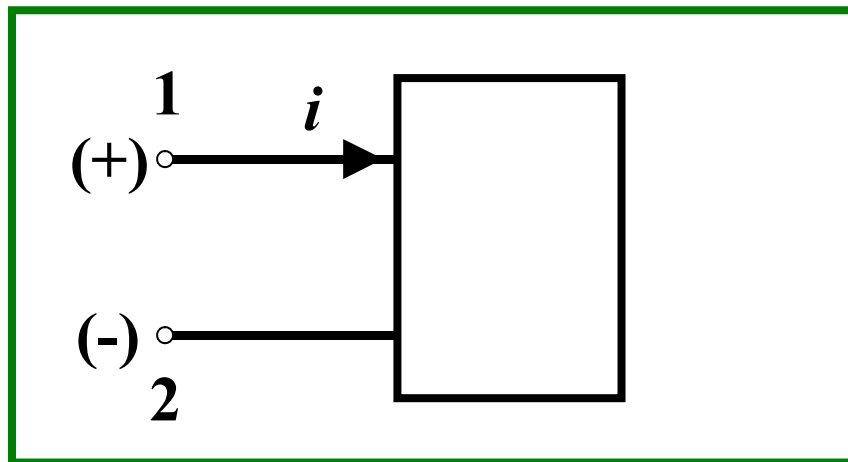
Электрический ток в проводнике — это направленное движение электрических зарядов

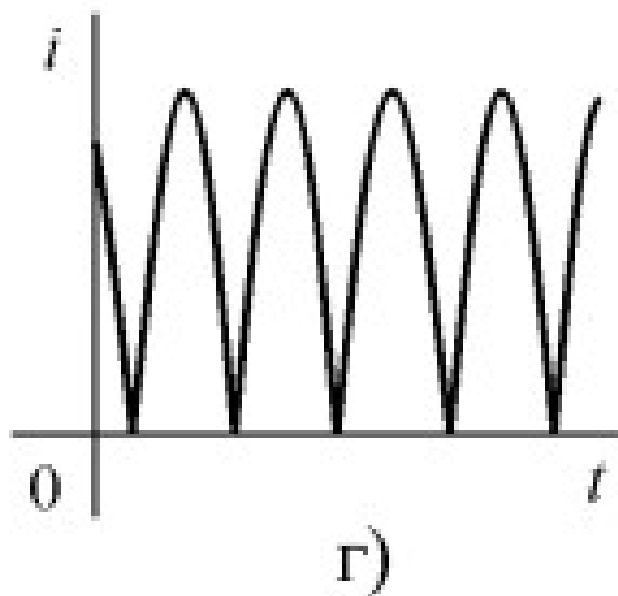
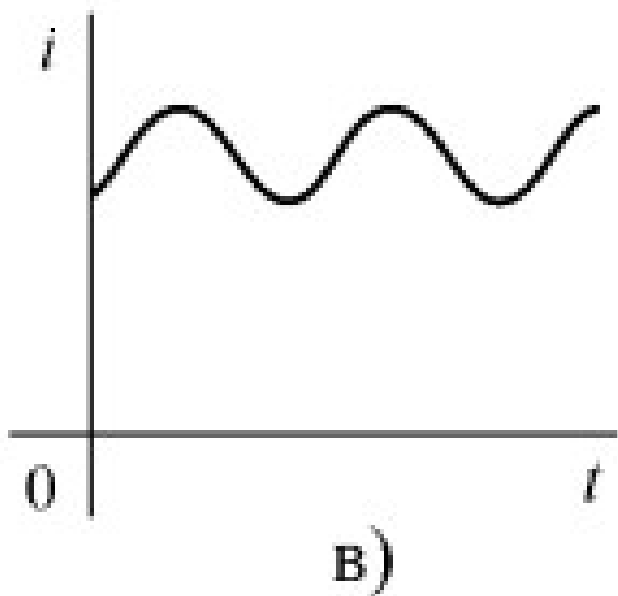
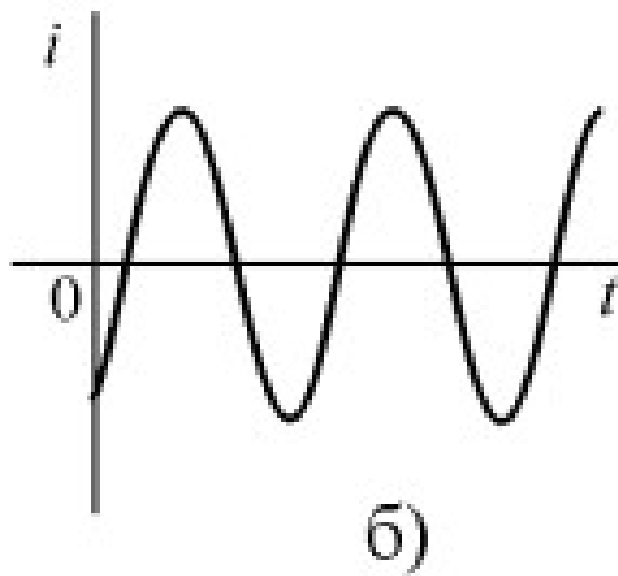
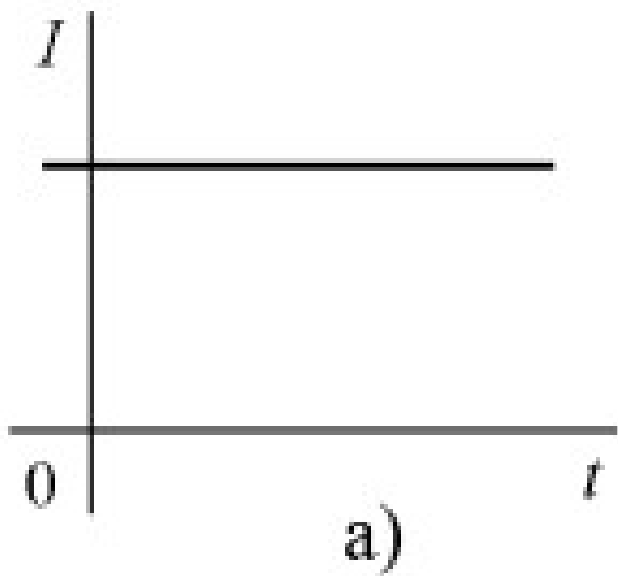


Французский ученый, иностранный член Петербургской АН, один из основоположников электродинамики. Предложил правило, названное его именем, открыл механическое взаимодействие токов и установил закон этого взаимодействия (закон Ампера). Построил первую теорию магнетизма.

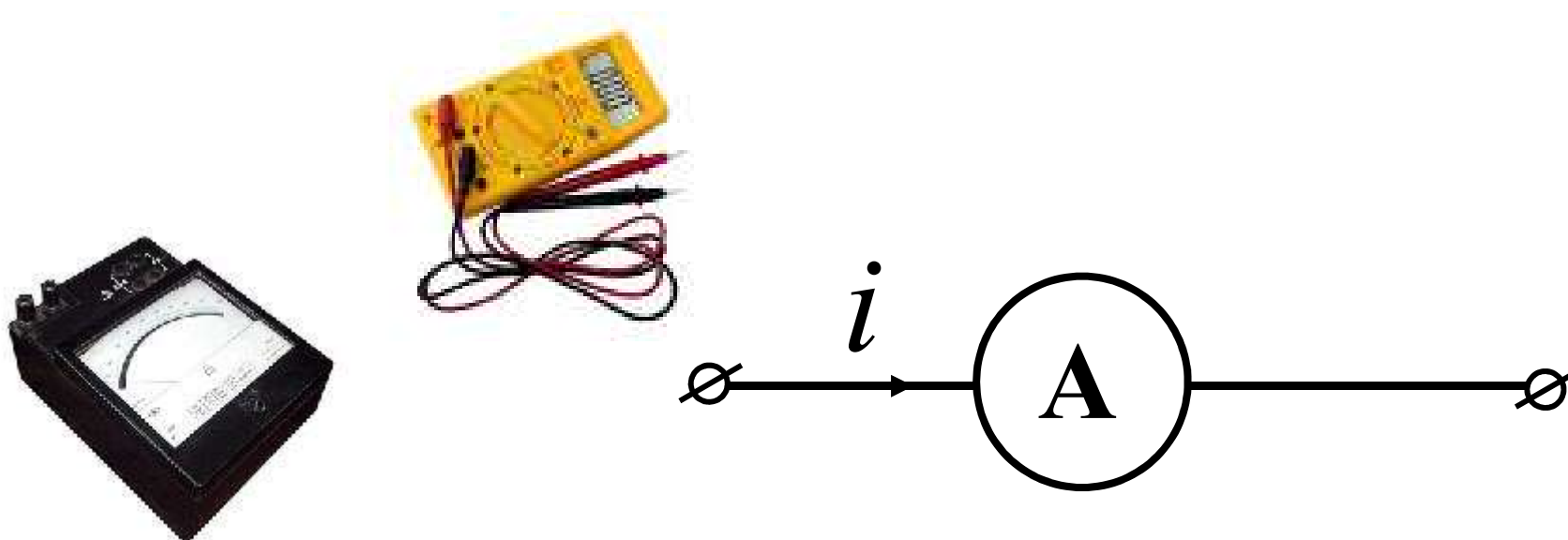
$$i = \frac{dq}{dt}, \quad A = \frac{\text{Кл}}{\text{с}}$$

q — заряд [Кл]





Амперметр включается последовательно в цепь и измеряет ток



Внутреннее сопротивление идеального амперметра равно нулю.

**Ток возникает под влиянием
электрического поля, которое
приводит электроны в движение.
Энергетической характеристикой
любой точки поля является
потенциал.**

Потенциал точки φ [В] – это работа по перемещению единичного заряда из бесконечности в данную точку.



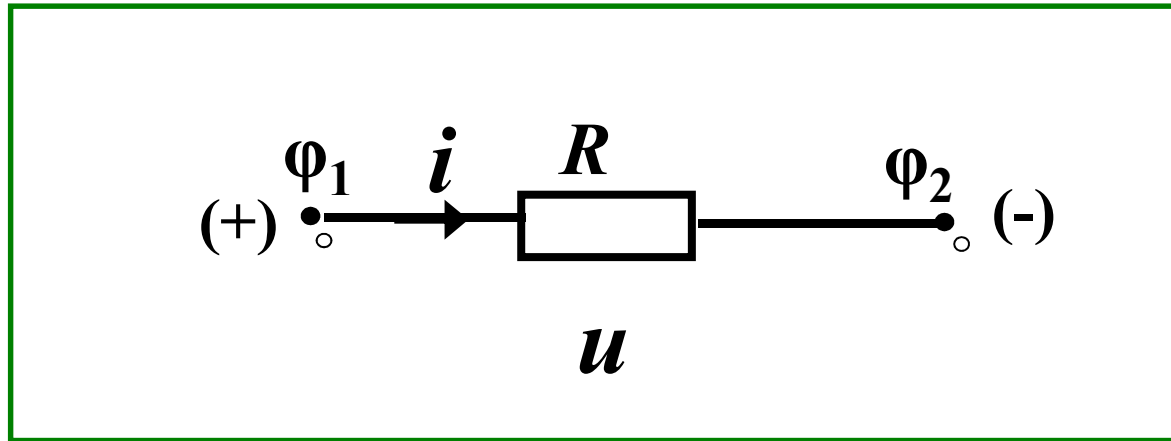
В системе СИ – это 1 Кл – равен количеству электричества, проходящего через поперечное сечение проводника при силе тока 1 А за время 1 с. (1 Кл – $6,3 \cdot 10^{18}$ электронов)

Назван в честь французского физика Шарля Кулона.

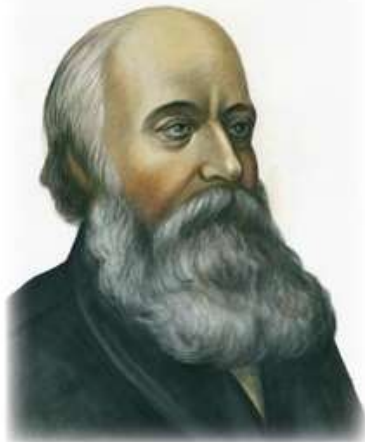
Элементарный заряд (заряд электрона) равен $-1,60217653(14) \cdot 10^{-19}$ Кл.

Напряжение – это работа, затраченная на перемещение заряженных частиц по участку цепи к величине перемещенного заряда (или разность потенциалов между двумя точками электрического поля) [В]

$$u = \frac{A}{q} = \varphi_1 - \varphi_2, \quad \left[\frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В} \right]$$



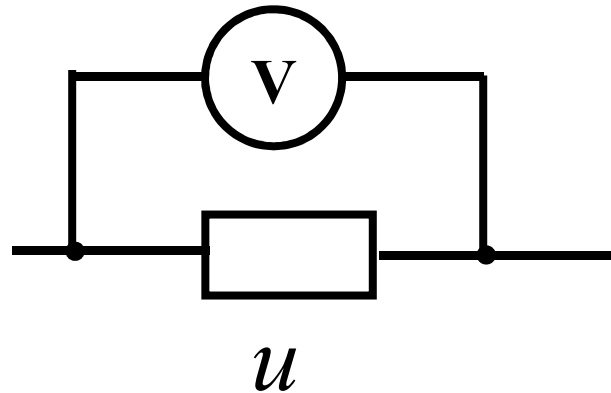
1 В – это такая разность потенциалов между двумя точками, когда при перемещении между ними заряда в 1 Кл совершается работа в 1 Дж.



Джеймс Джоуль
(1818-1889)

Английский физик, один из первооткрывателей закона сохранения энергии, член Лондонского королевского общества

Напряжение измеряют вольтметрами.



Внутреннее сопротивление идеального вольтметра равно бесконечности

Мгновенная мощность характеризует преобразование энергии на участке цепи и равна скорости изменения этой энергии

$$p = \frac{dW}{dt} = ui \quad [\text{Вт}]$$

$$P = UI$$

Источники – это устройства, в которых происходит процесс преобразования различных видов энергии в электромагнитную (генераторы, гальванические элементы, аккумуляторы и т.д.).



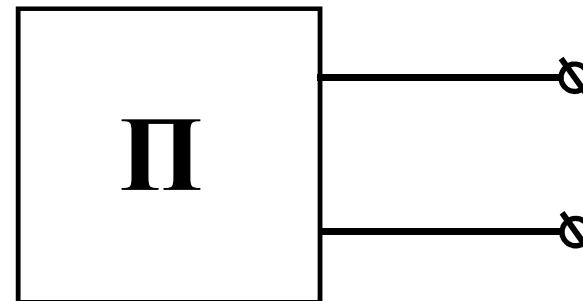
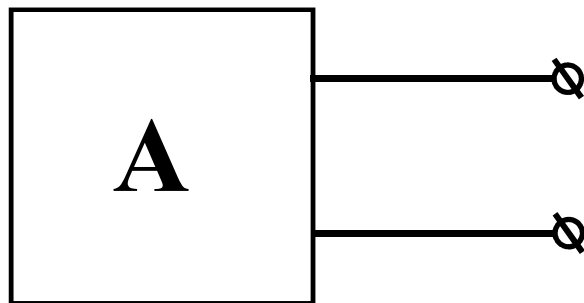
Приемники – это устройства, в которых электромагнитная энергия превращается в другие виды энергии: световую (электрические лампы), тепловую (электронагревательные приборы), механическую (двигатели) и т.д.



Двухполюсник - любая часть электрической цепи, имеющая два зажима

Активный двухполюсник содержит источники электрической энергии

Пассивный двухполюсник не содержит источников



Каждый источник электрической энергии характеризуется электродвижущей силой – ЭДС.

ЭДС – это работа сторонних сил источника, затраченная на перемещение единичного заряда внутри источника от меньшего потенциала к большему.

**При расчете электрической цепи ее заменяют
схемой замещения, которая отображает
свойства реальной цепи. Схемы замещения
состоят из активных и пассивных элементов.
Это идеальные элементы, математическое
описание которых отражает процессы,
происходящие в цепи.**

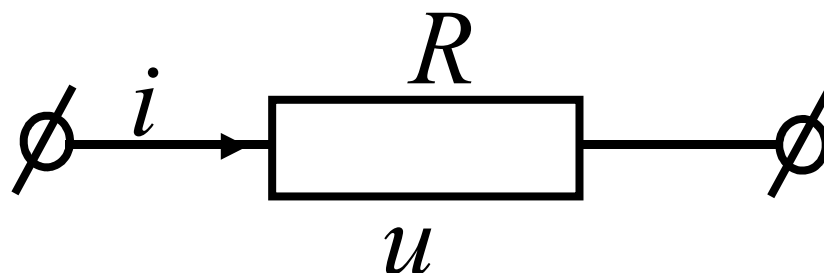
Активные элементы: источники ЭДС и источники тока.

Пассивные элементы: резистивные, индуктивные и емкостные элементы.

Линейная цепь – это цепь, у которой связь между током и напряжением является линейной функцией. Это происходит, когда характеристики элементов линейны.

Пассивные линейные элементы

1. Резистивный элемент необратимо преобразует электромагнитную энергию в тепло.



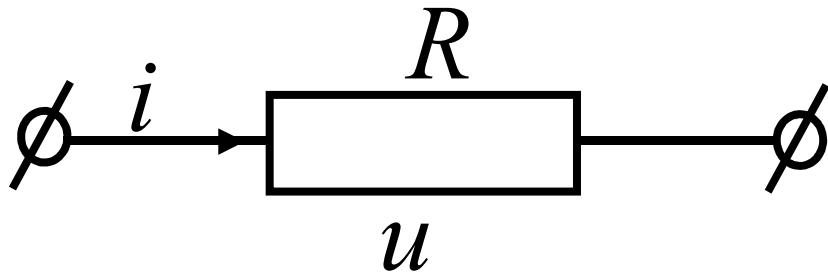
R [Ом] – сопротивление, характеризующее способность элемента препятствовать протеканию тока.

$$g = \frac{1}{R} \quad [\text{СМ}] \text{ - проводимость}$$

Мгновенная мощность, поступающая в сопротивление

$$p = u \cdot i = R \cdot i^2 = g \cdot u^2$$

Закон Ома



$$U = i \cdot R$$

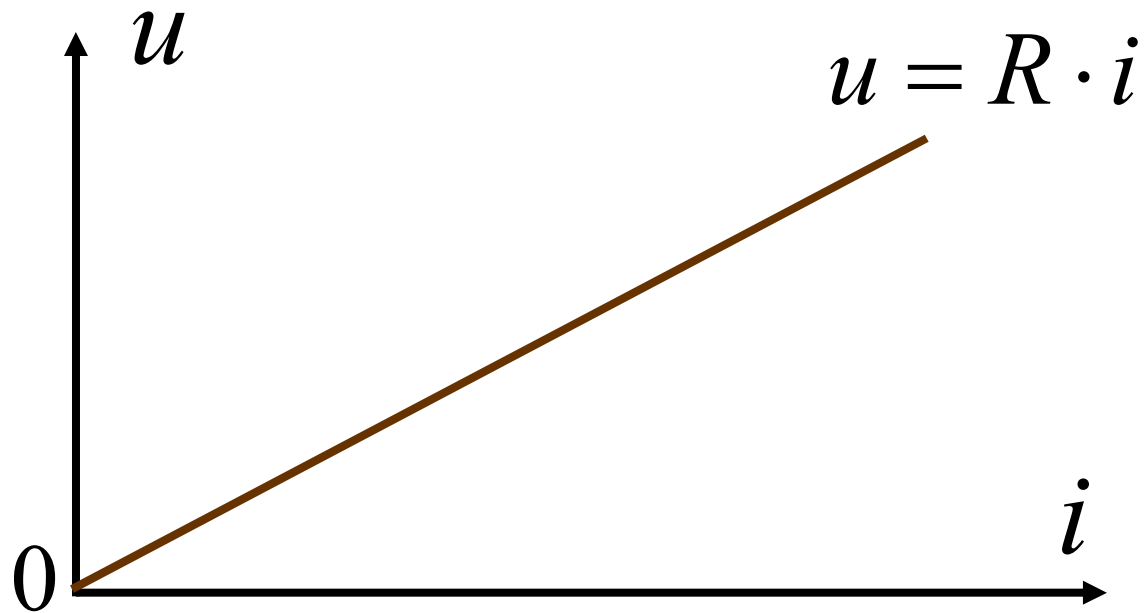
Впервые (для металлов) его установил немецкий ученый
Георг Ом в 1826 г.



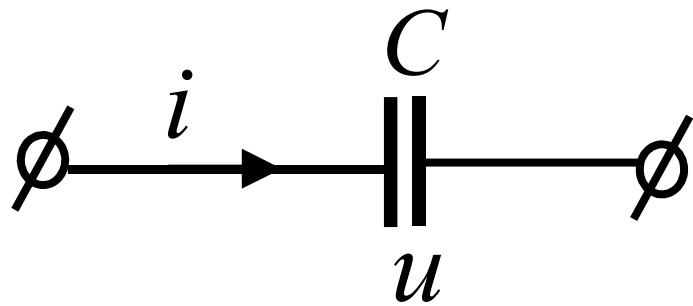
1787 – 1854 г

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

Вольт-амперная характеристика (ВАХ) – это зависимость напряжения на сопротивлении от силы тока, проходящего через это сопротивление



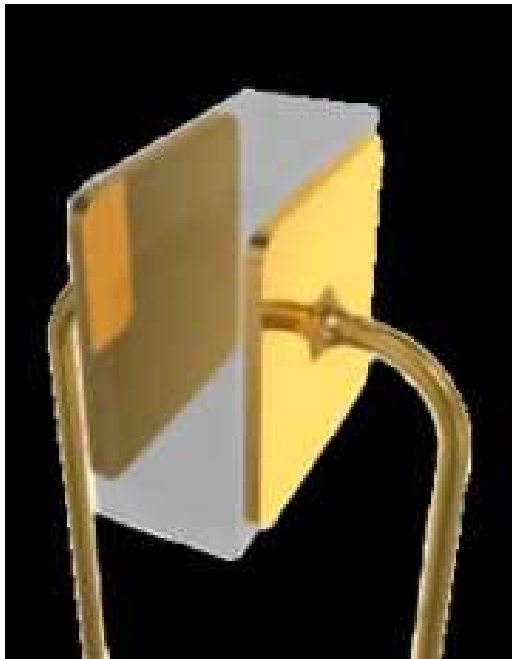
2. Емкостной элемент – это элемент, приближенно заменяющий конденсатор, в котором накапливается энергия электрического поля:



$$W_{\text{эл}} = \frac{C \cdot u^2}{2}$$

Емкость – это коэффициент пропорциональности между зарядом обкладки конденсатора и напряжением между его обкладками

$$C = \frac{q}{u} \quad [\Phi]$$

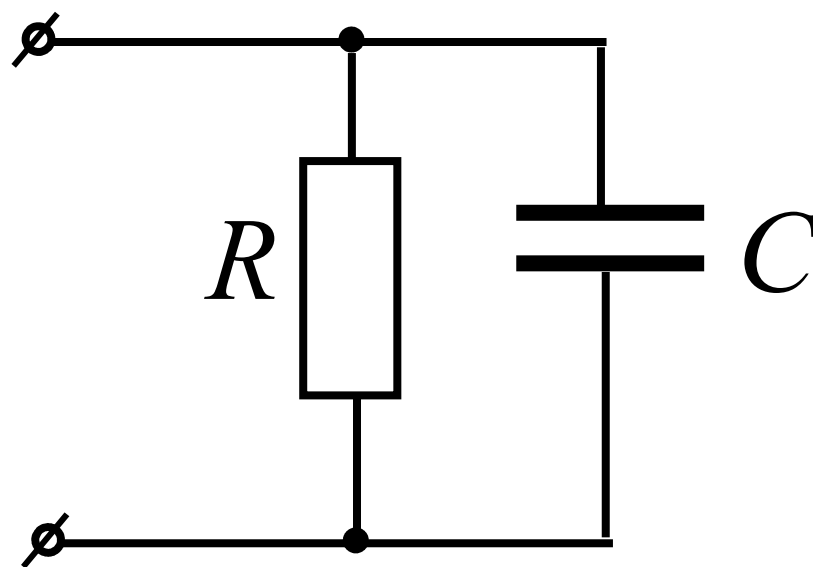


Основа конструкции конденсатора — две токопроводящие обкладки, между которыми находится диэлектрик

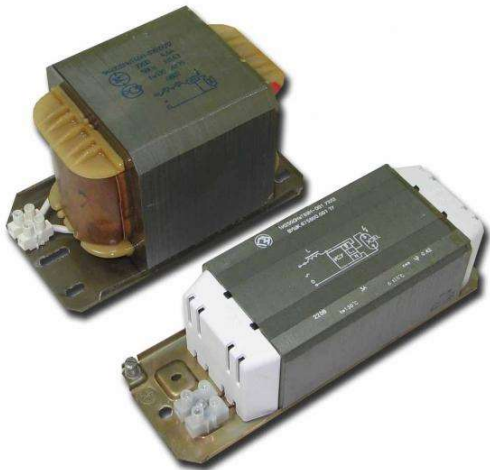
Связь между током и напряжением на емкостном элементе

$$i = C \frac{du}{dt} \qquad u = \frac{1}{C} \int i dt$$

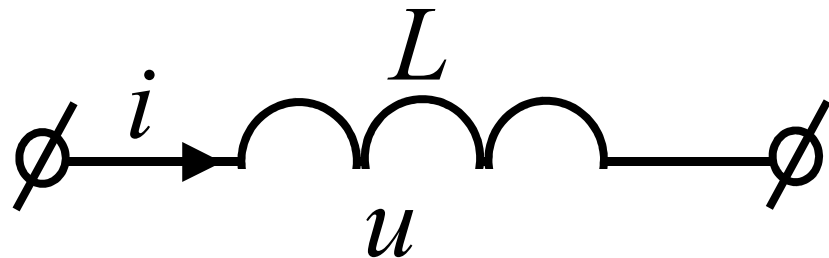
Схема замещения реального конденсатора



3. Индуктивный элемент – это элемент, приближенно заменяющий индуктивную катушку, в котором накапливается энергия магнитного поля:



$$W_M = \frac{Li^2}{2}$$



Индуктивность L – это коэффициент пропорциональности между потокосцеплением и током, текущим через катушку:

$$L = \frac{\Psi}{i} [\text{Гн}]$$

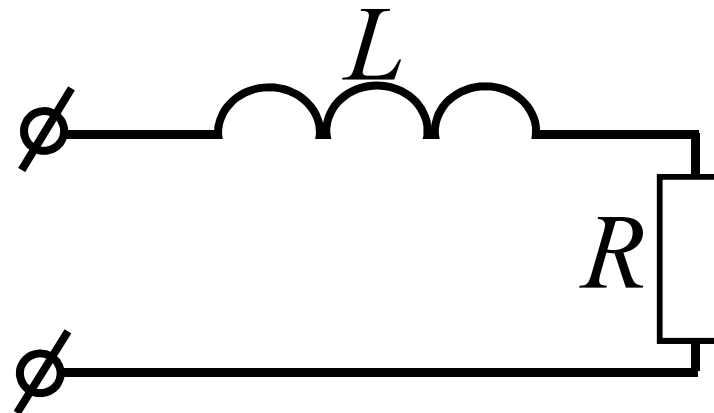
Если все витки пронизываются одним магнитным потоком, то потокосцепление равно произведению магнитного потока Φ на число витков w :

$$\Psi = \Phi \cdot w [\text{Вб}]$$

Связь между током и напряжением на ИНДУКТИВНОМ ЭЛЕМЕНТЕ

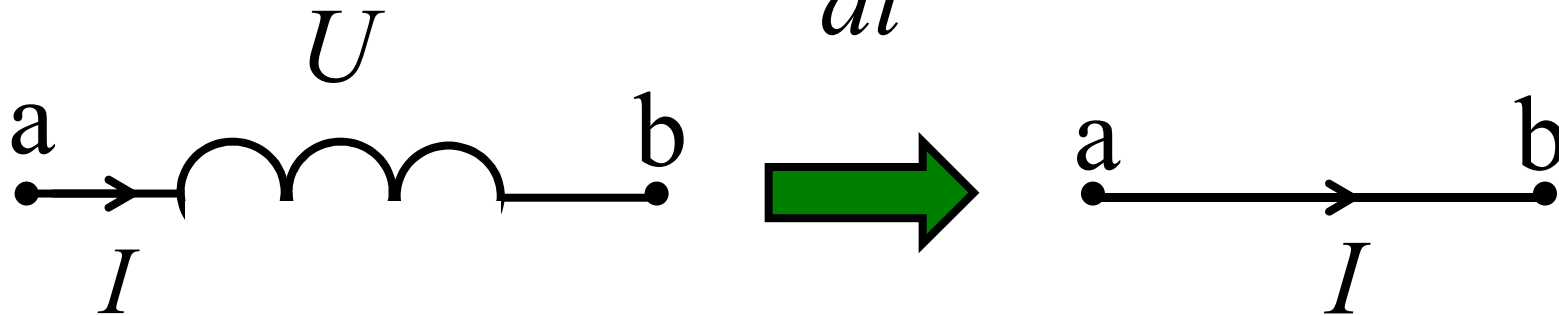
$$u = L \frac{di}{dt} \quad i = \frac{1}{L} \int u dt$$

Схема замещения индуктивной катушки



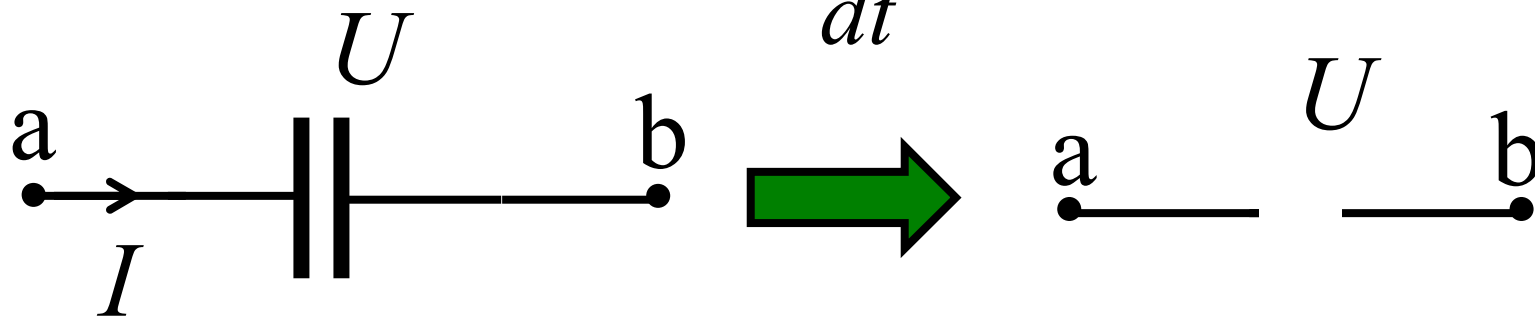
1. При постоянном токе индуктивный элемент -
“закоротка”:

$$U = L \frac{dI}{dt} = 0$$



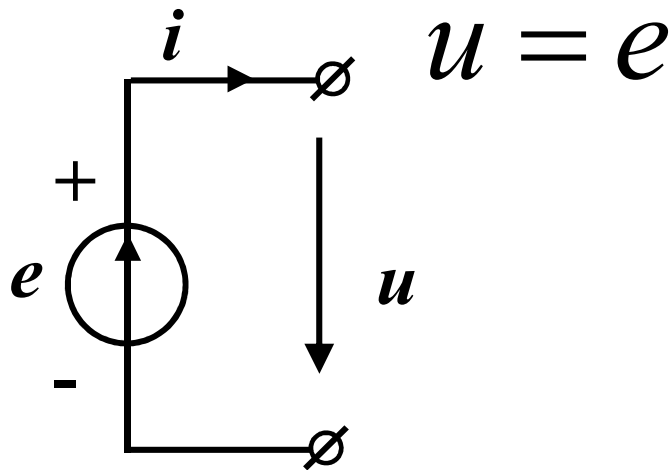
2. При постоянном напряжении емкостный элемент -
“разрыв”:

$$I = C \frac{dU}{dt} = 0$$



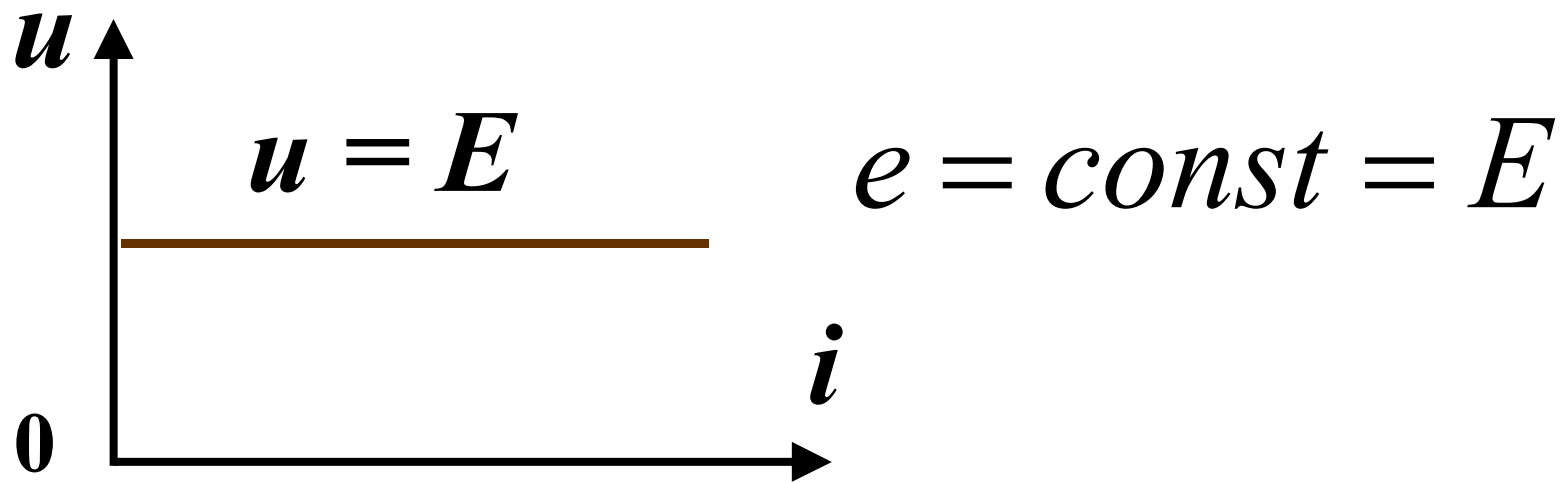
АКТИВНЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

1. Источник ЭДС – это источник, напряжение на зажимах которого не зависит от величины протекающего через него тока и внутреннее сопротивление которого равно нулю.



Стрелка указывает точку более высокого потенциала. Источник вырабатывает энергию, поэтому ток внутри него течет от точки более низкого к точке более высокого потенциала.

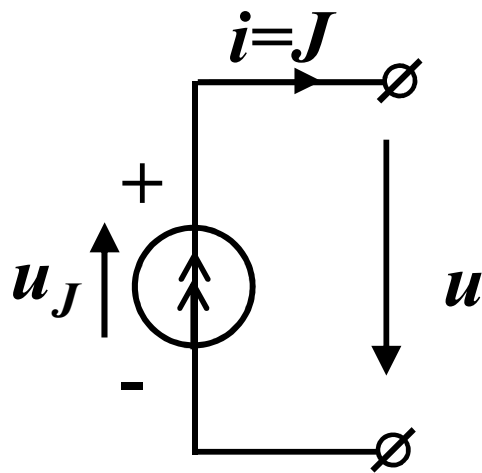
Внешняя характеристика



Мощность источника ЭДС

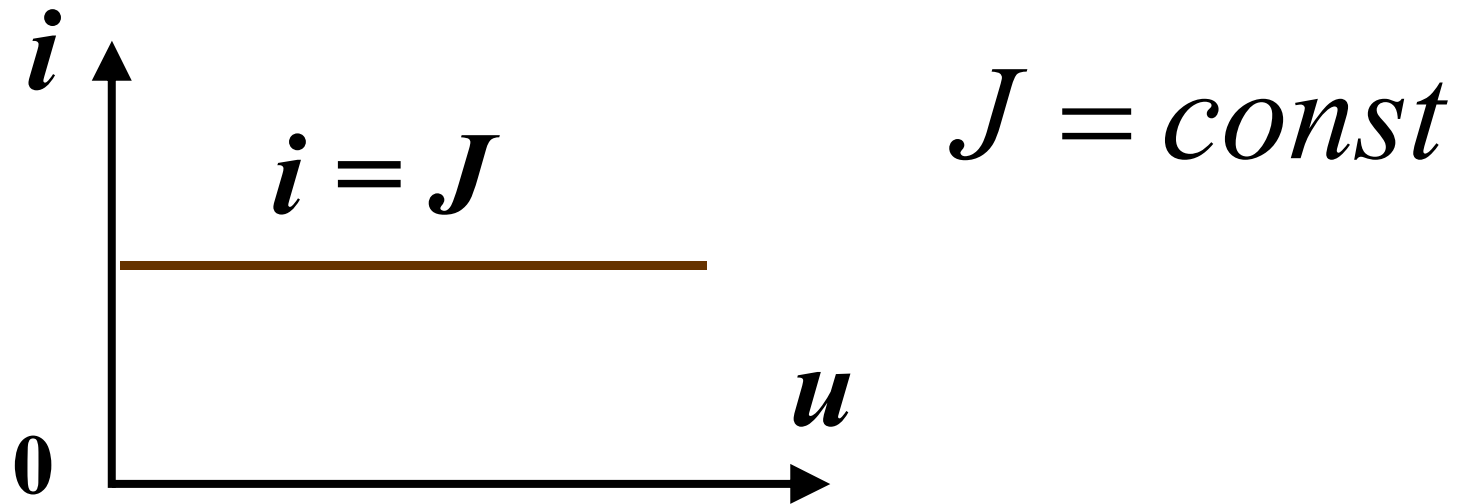
$$p = e \cdot i$$

Источник тока J – это источник, ток которого не зависит от параметров цепи. Внутреннее сопротивление идеального источника тока равно бесконечности.



Полярность напряжения u_J соответствует случаю, когда источник вырабатывает энергию.

Внешняя характеристика



Мощность источника тока

$$p = u_J \cdot J$$

Схема замещения аккумулятора:

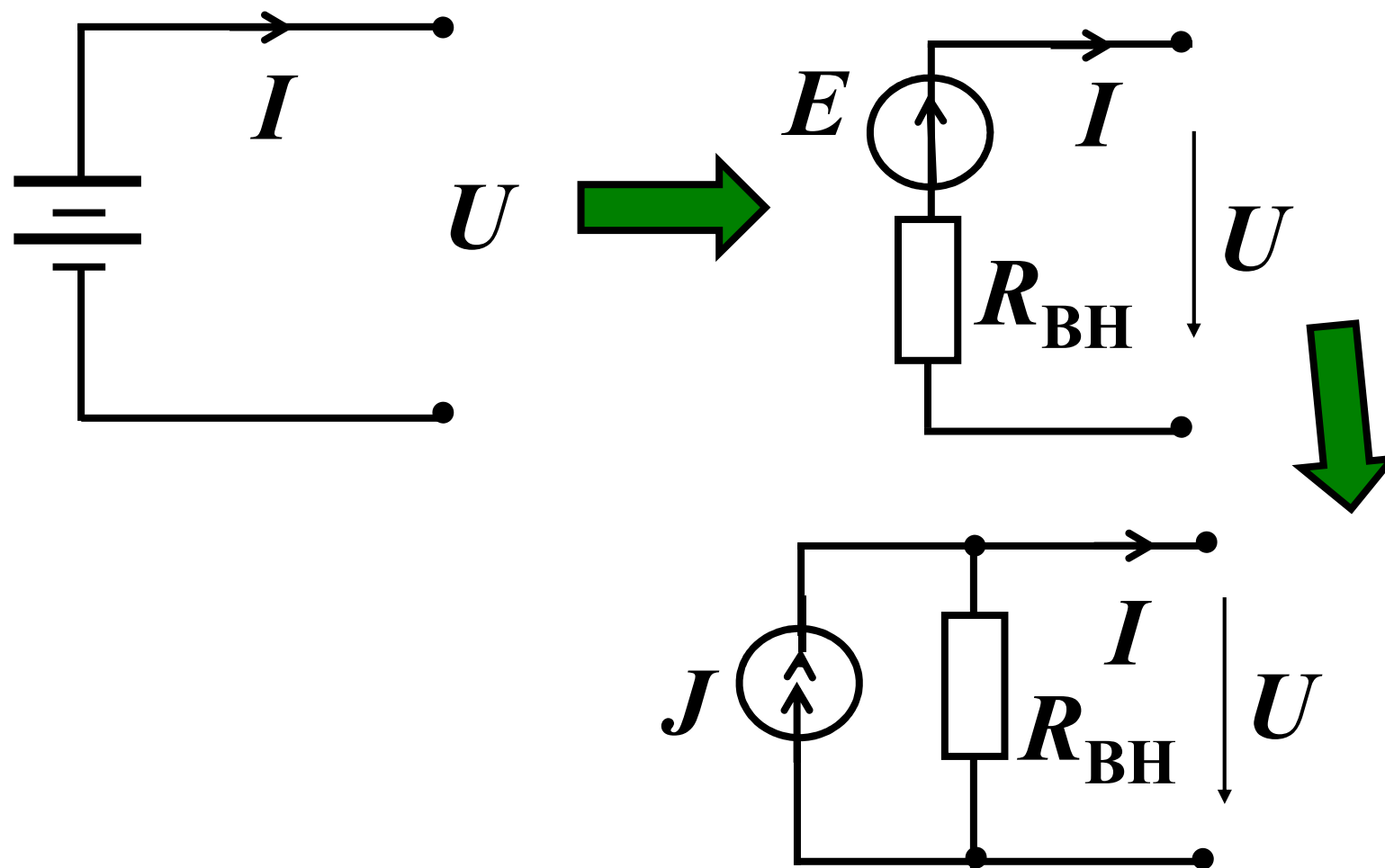


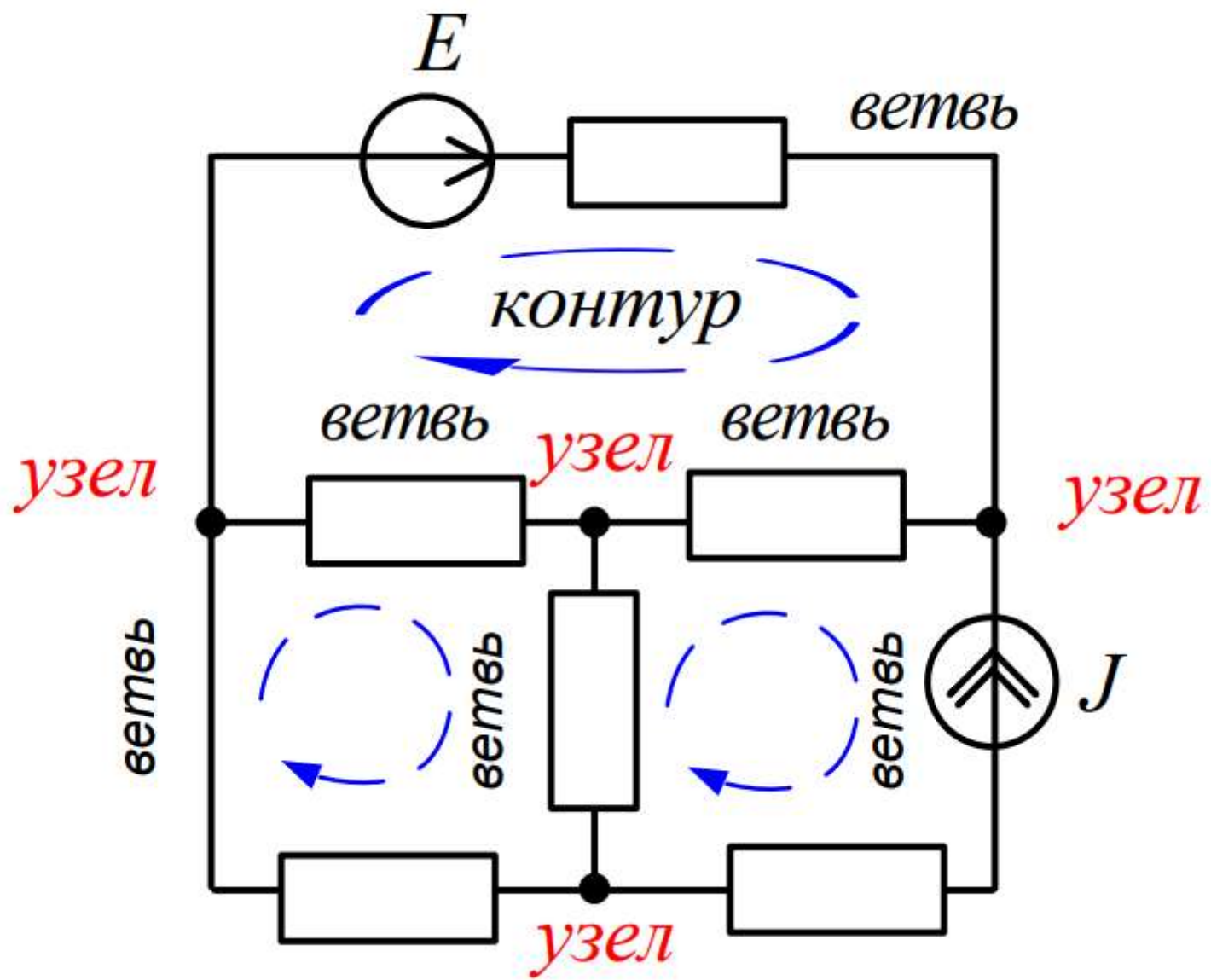
Схема – это графическое изображение электрической цепи.

Ветвь – это участок схемы, вдоль которого течет один и тот же ток.

Узел – это место соединения трех или большего числа ветвей.

Контур – это замкнутый путь, проходящий по нескольким ветвям.

Независимый контур – это контур, у которого хотя бы одна ветвь не принадлежит другим контурам.



Законы Кирхгофа



Кирхгоф (Kirchhoff) Густав Роберт

1824-1887г.

немецкий физик, член Берлинской АН,

член-корреспондент Петербургской АН.

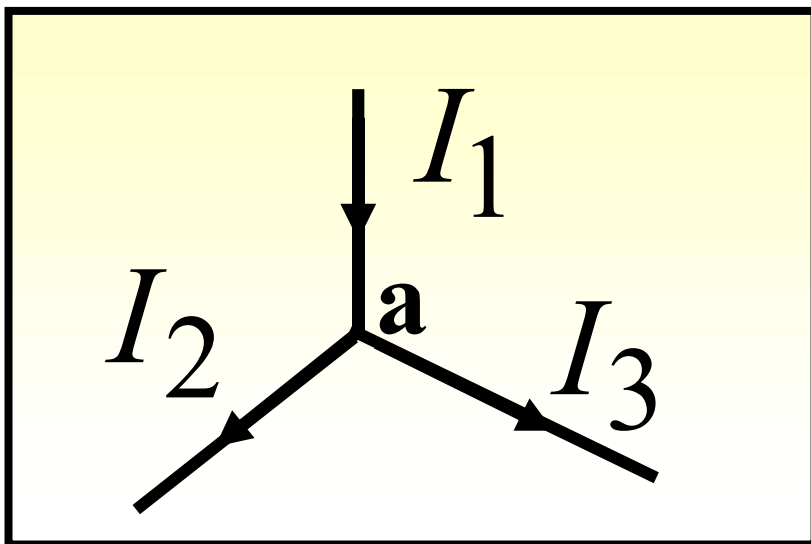
Первый закон Кирхгофа:

алгебраическая сумма токов в узле равняется нулю (токи, вытекающие из узла, считаются положительными, а втекающие — отрицательными):

$$\sum (\pm i_k) = 0$$

Физический смысл этого закона прост: если бы он не выполнялся, в узле непрерывно накапливался бы электрический заряд, а этого никогда не происходит.

Например:



узел а:

$$-I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

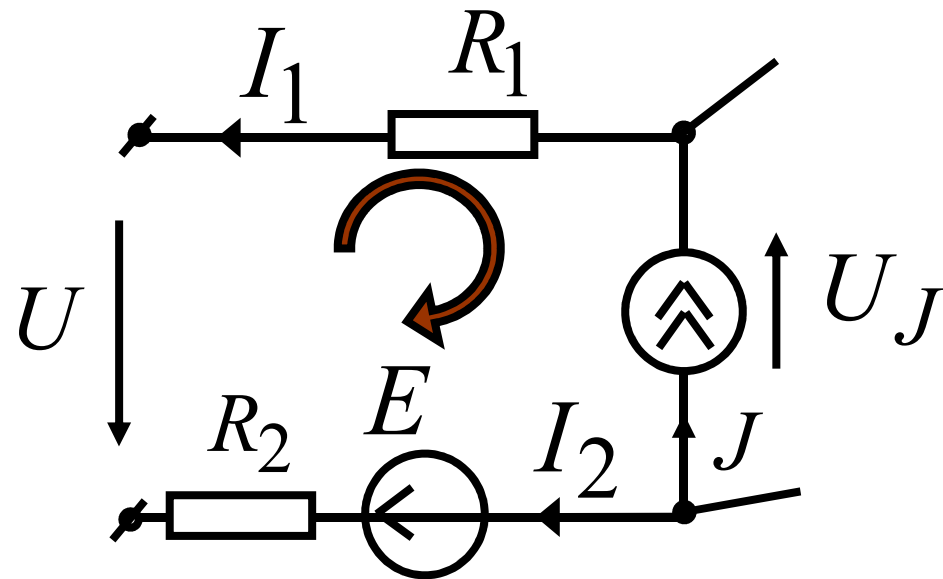
Второй закон Кирхгофа:

в контуре алгебраическая сумма падений напряжения на пассивных элементах равна алгебраической сумме ЭДС и напряжений на зажимах источников тока.

с “+” берутся все слагаемые, положительное направление которых совпадает с выбранным обходом контура:

$$\sum_{k=1}^n \pm u_k = \sum_{k=1}^m \pm e_k \pm \sum_{k=1}^d u_{Jk}$$

Например:



$$-I_1 R_1 + I_2 R_2 - U = E - U_J$$