ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ГОРОДА МОСКВЫ
«КОЛЛЕДЖ СВЯЗИ №54»
ИМЕНИ П.М. ВОСТРУХИНА

Тема 1.1 Электрическое поле

Выполнила

Преподаватель: Толпыгин И.В

Цель курса:

* изучение с качественной и количественной стороны установившихся режимов и переходных процессов в электрических цепях; ознакомление с современными инженерными методами анализа и синтеза электрических цепей, которые являются схемами замещения различных физических устройств и приборов.
* **Основные задачи в области ТЭЦ:**
* Основная задача ТЭЦ– изучение методов анализа и синтеза электрических цепей.
* Задача анализа – расчет электрических величин для заданной цепи.
* Задача синтеза – создание электрической цепи с заданными свойствами.

4.8. Основные задачи теории электрических цепей

- Основных задач три.
- **1) *Задача анализа*** электрической цепи состоит в отыскании откликов $y(t)$, т.е. токов и напряжени на интересующих нас участках цепи по заданной схеме
- и воздействиям $x(t)$. Схематично задача анализа показана на рис. 4.25.

Задача анализа имеет единственное решение (она однозначна).

- В общем виде в электротехнике задача анализа состоит в нахождении токов во всех ветвях схемы.

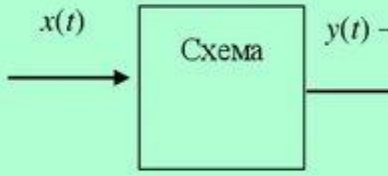


Рис. 4.25

- **2) *Задача синтеза*** электрической цепи состоит в отыскании схемы цепи (структуры цепи) и параметров ее элементов по заданным откликам и воздействиям. Схематично задача синтеза показана на рис. 4.26.
- Задача синтеза сложнее задачи анализа и обычно она неоднозначна,
- т.е. можно создать ряд схем с одной и той же функцией цепи.
- Окончательный вариант схемы выбирается на основе дополнительных
- требований к ней. **Рис. 4.26**
- Например:
- 1) Синтезировать схему при минимальной стоимости ее деталей;
- 2) Синтезировать пассивную схему, используя только элементы R и C.

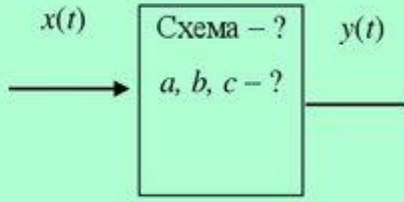


Рис. 4.26

- ***3). Обратная задача*** состоит в отыскании воздействия,
- когда известен сигнал на выходе цепи и схема электрической цепи.
- Схематично задача синтеза показана на рис. 4.27.

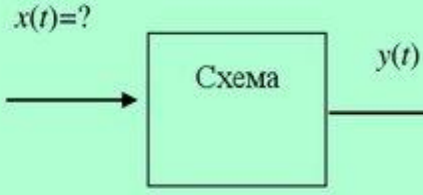


Рис. 4.27

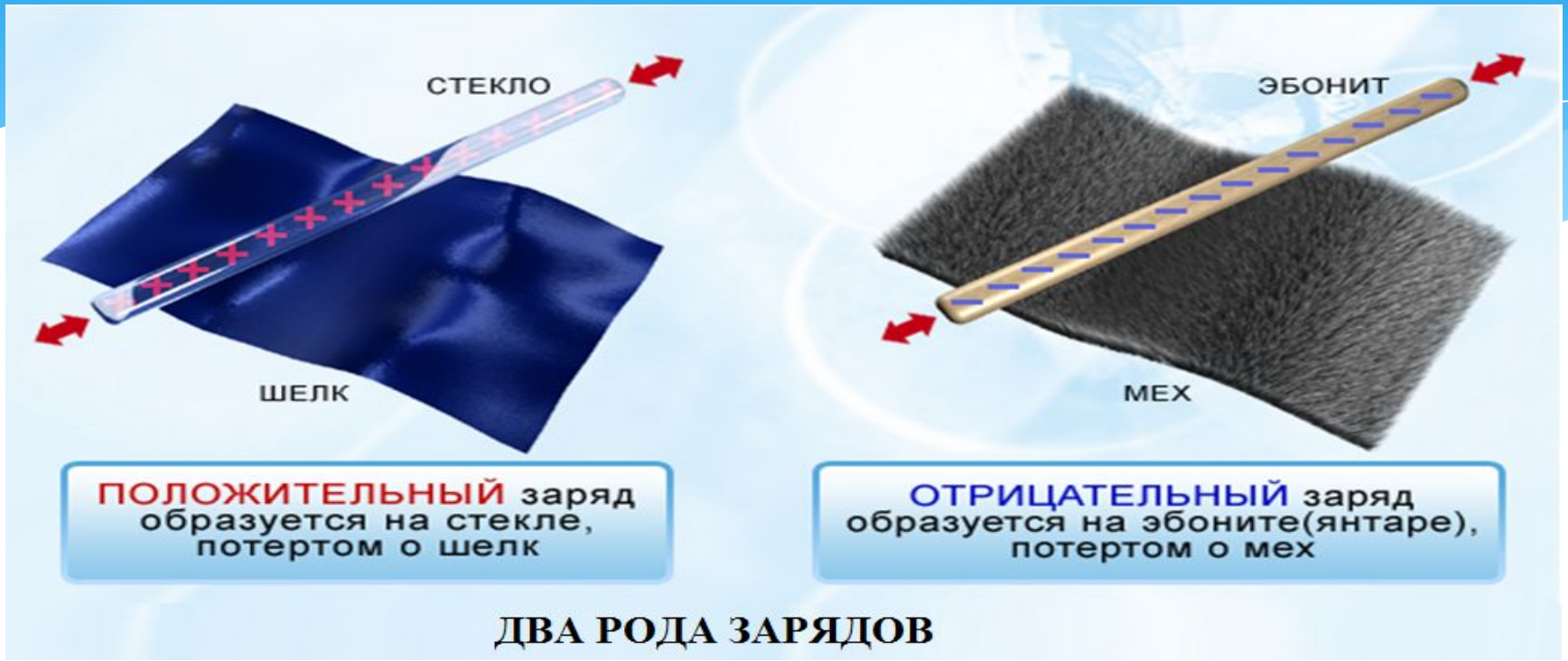
Изучаемые вопросы:

* **Электрический заряд, электрическое поле Взаимодействие зарядов. Потенциал, напряжение. Классификация электрических цепей. Основные законы электрических цепей Закон Ома, законы Кирхгофа Принцип эквивалентности.**

Цель занятий

* **-изучить понятия электрического заряда и электрического поля.**
* **- изучить понятия потенциал, напряжение.**
* **- изучить основные законы электрических цепей.**
* **Время: 1 час**

Электрический заряд, электрическое поле Взаимодействие зарядов.



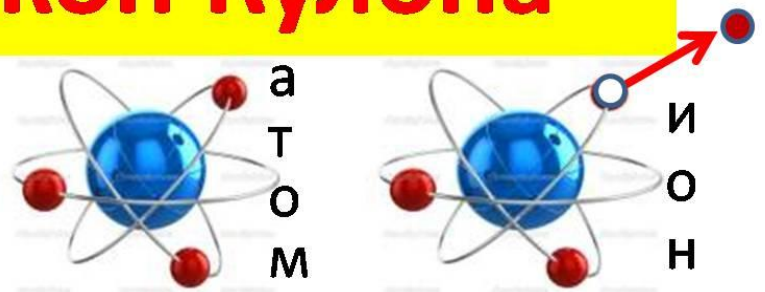
- **Электрический заряд** – физическая величина, характеризующая способность тел вступать в электромагнитные взаимодействия. Измеряется в Кулонах.
- **Элементарный электрический заряд**– минимальный заряд, который имеют элементарные частицы (заряд протона и электрона).
- **Наэлектризовать тело** – создать избыток и недостаток электронов. Способы: *электризация трением* и *электризация соприкосновением*.
-

Электризация. Закон Кулона

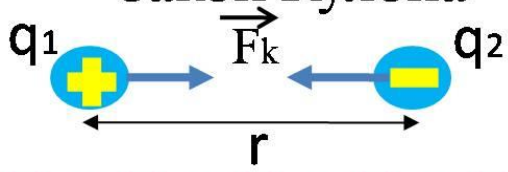
Электризация – *приобретение заряда*

Заряд (q) – *мера взаимодействия*

Элементарный заряд: $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл



Закон Кулона



$$F_к = k\frac{q_1 q_2}{\varepsilon r^2}$$

Закон сохранения заряда:

$q_1 + q_2 = q_1' + q_2'$

$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$

$\varepsilon = 1$ (*вакуум, воздух*)

$\varepsilon > 1$ (*керосин, вода*)

} **диэлектрическая проницаемость среды**

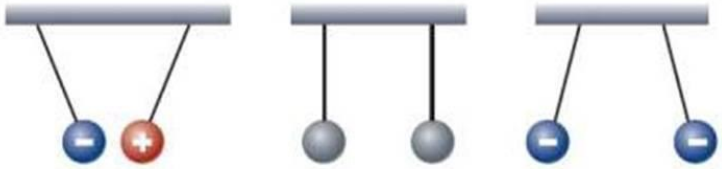
Два рода зарядов:

положительный

отрицательный

Два вида взаимодействия:

притяжение и отталкивание



Атом:

протон (+)

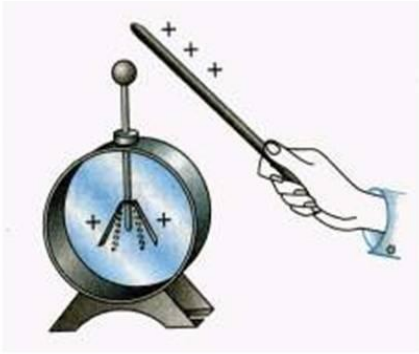
нейтрон (0)

+

электрон

Индукция

(*влияние*)



Электрическое поле

Электрическое поле– материальная среда, через которую происходит взаимодействие электрических зарядов.

* **Свойства электрического поля:**
* Электрическое поле существует вокруг любого заряда. Если заряд неподвижен – поле электростатическое.
* Электрическое поле действует на любой помещённый в него заряд согласно закону Кулона. Обнаружить электрическое поле можно только по его действию на другие заряды.
* Электрическое поле существует в любой среде и распространяется с конечной скоростью: м/с.
* Электрическое поле не имеет чётких границ. Действие его уменьшается при увеличении расстояния от заряда, его создающего.

Характеристики электрического поля:

* **Напряжённость**(E) – векторная величина, равная силе, действующей на единичный пробный заряд, помещённый в данную точку.

$$\vec{E} = \frac{F}{q_0} = const$$

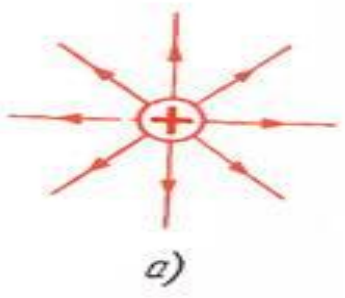
* Измеряется в Н/Кл.

$$\left|\vec{E}\right| = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}$$

* *Направление* – такое же, как и у действующей силы.
* *Напряжённость не зависит* ни от силы, ни от величины пробного заряда.

Виды полей:

* *Однородное электрическое поле*– поле, вектор напряжённости которого в каждой точке одинаков по модулю и направлению.
* *Неоднородное электрическое поле*– поле, вектор напряжённости которого в каждой точке неодинаков по модулю и направлению.
* Примеры:
*



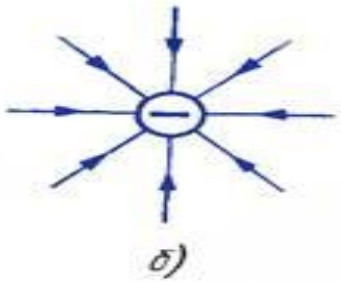


Рис. 1.1

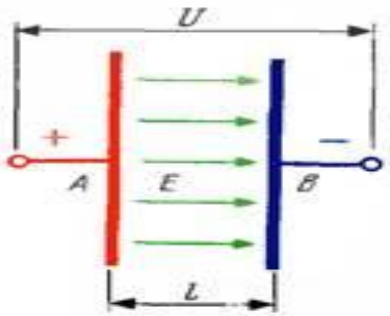
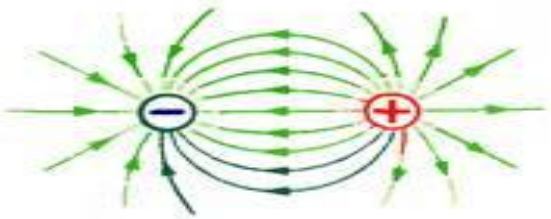
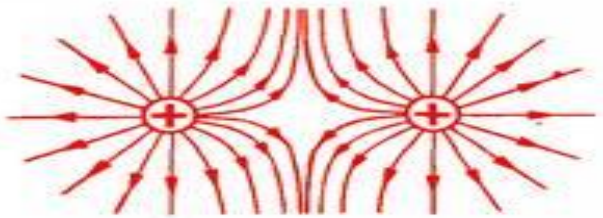


Рис. 1.3





Потенциал

* Система "заряд - электростатическое поле" или "заряд - заряд" обладает потенциальной энергией, подобно тому, как система "гравитационное поле - тело" обладает потенциальной энергией.
* Физическая скалярная величина, характеризующая энергетическое состояние поля называется *потенциалом* данной точки поля. В поле помещается заряд q, он обладает потенциальной энергией W. Потенциал - это характеристика электростатического поля.

$$\varphi = \frac{W}{q} \qquad \varphi = \frac{A}{q}$$

φ – *потенциал электростатического поля*

W – *потенциальная энергия поля*

A – *работа по перемещению заряда из данной точки поля на нулевой уровень потенциальной энергии*

q – *заряд, который находится в поле*

$$[W] = 1\,Дж \qquad [q] = 1\,Кл \qquad [\varphi] = 1\frac{Дж}{Кл} = 1\,В\ (Вольт)$$

Разность потенциалов. Напряжение

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_{1-2}}{q}$$

φ_1 – потенциал первой точки поля

φ_2 – потенциал второй точки поля

A_{1-2} – работа по перемещению заряда из первой во вторую точки поля

q – заряд, который находится в поле

$[A] = 1Дж$ $[q] = 1Кл$ $[\varphi] = 1\frac{Дж}{Кл} = 1В$ (Вольт)

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta W}{q}$$

$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ – приращение потенциала

$\Delta W = W_2 - W_1$ – изменение потенциальной энергии

q – заряд, который находится в поле

$[W] = 1Дж$ $[q] = 1Кл$ $[\varphi] = 1\frac{Дж}{Кл} = 1В$ (Вольт)

Напряжение

Разность потенциалов называют еще **электрическим напряжением** при условии, что сторонние силы не действуют или их действием можно пренебречь.

Напряжение между двумя точками в однородном электрическом поле, расположенными по одной линии напряженности, равно произведению модуля вектора напряженности поля на расстояние между этими точками.

$$U = E \cdot (d_1 - d_2)$$

U – *напряжение*

E – *напряженность поля*

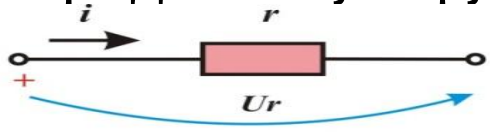
$d = d_1 - d_2$ – *расстояние между точками поля*

$[U] = 1В$ $\quad [E] = 1\frac{Н}{Кл}$ $\quad [d] = 1м$

Классификация электрических цепей.

Параметрами электрической цепи называется величина, связывающая ток и напряжение на конкретном участке цепи (r – сопротивлением, L – индуктивностью, C – ёмкостью).

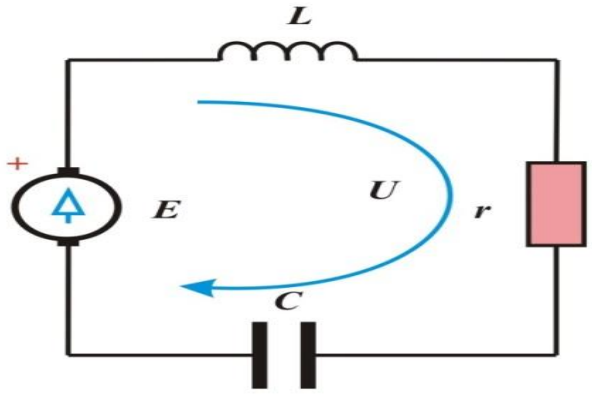
Элементами электрической цепи называют отдельные устройства входящие в электрическую цепь и выполняющие в ней определённую функцию.



а) r - элемент резистора сопротивления

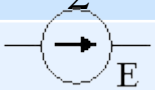
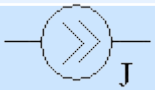
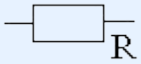
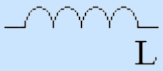
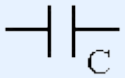
б) L - элемент катушки индуктивности

в) C - элемент ёмкости конденсатора



в) простейшая электрическая схема цепи состоящая из четырёх элементов: E - источника электрической энергии (ЭДС); r - сопротивления (резистора); L - индуктивности (катушки) и C - ёмкости (конденсатора)

Графические изображения элементов и их основные параметры

Элемент	Графическое изображение	Параметр	Ед. измерения	Дополнительные ед. измерения
1	2	3	4	5
Источник ЭДС		ЕДС	Вольт (В)	-
Источник тока		Ток	Ампер (А)	-
Резистивный элемент (резистор)		Сопротивление	Ом (Ом)	1 кОм=10^3 Ом 1 мОм=10^6 Ом 1 гОм=10^9 Ом
Индуктивный элемент (катушка индуктивности)		Индуктивность	Генри (Гн)	1 мГн=10^{-3} Гн 1 мкГн=10^{-6} Гн
Емкостной элемент (конденсатор)		Емкость	Фарада (Ф)	1 мкФ=10^{-6} Ф 1 нФ=10^{-9} Ф 1 пФ=10^{-12} Ф

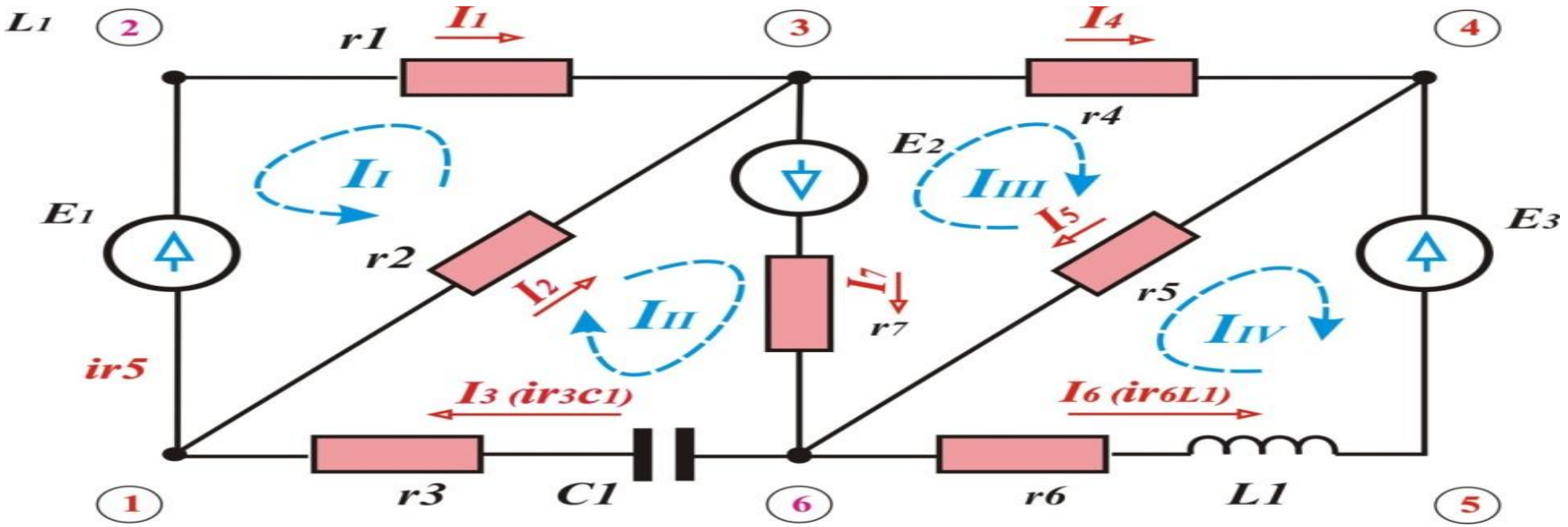
термины и определения:

Топология - это раздел математики, изучающий неколичественное соотношения между геометрическими объектами.

Схема – основное топологическое понятие теории цепей, это графическое изображение модели цепи, состоящая из ветвей и узлов.

Ветвь – участок цепи с неизменным током, находящийся между двумя узлами

Узел – место соединение трёх и более ветвей (формально узлом можно считать место соединения двух ветвей, такой узел называют простым, например разделяющая точка соединения двух последовательных ветвей, для обозначения на схеме).

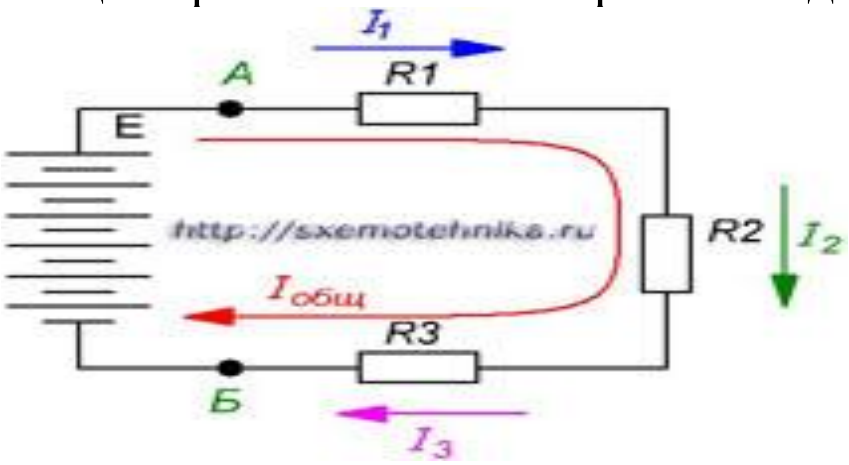


По типу соединения элементов электрической цепи существуют следующие электрические цепи:

последовательная электрическая цепь;
параллельная электрическая цепь;
последовательно-параллельная электрическая цепь.

Последовательная электрическая цепь.

В последовательной электрической цепи (рисунок 2.) все элементы цепи последовательно друг с другом, то есть конец первого с началом второго, конец второго с началом первого и т.д.

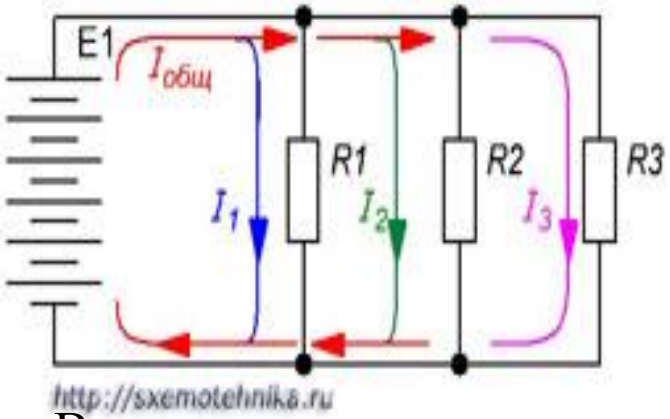


$$I_{общ}=I_1=I_2=I_3$$

$$E=U_{а\text{-}б}=U_1+U_2+U_3$$

Параллельная электрическая цепь.

В параллельной электрической цепи (рисунок 3.) все элементы соединены таким образом, что их начало соединены в одну общую точку, а концы в другую.



В этом случае у тока имеется несколько путей протекания от источника к нагрузкам, а общий ток цепи $\mathbf{I_{общ}}$ будет равен сумме токов параллельных ветвей:

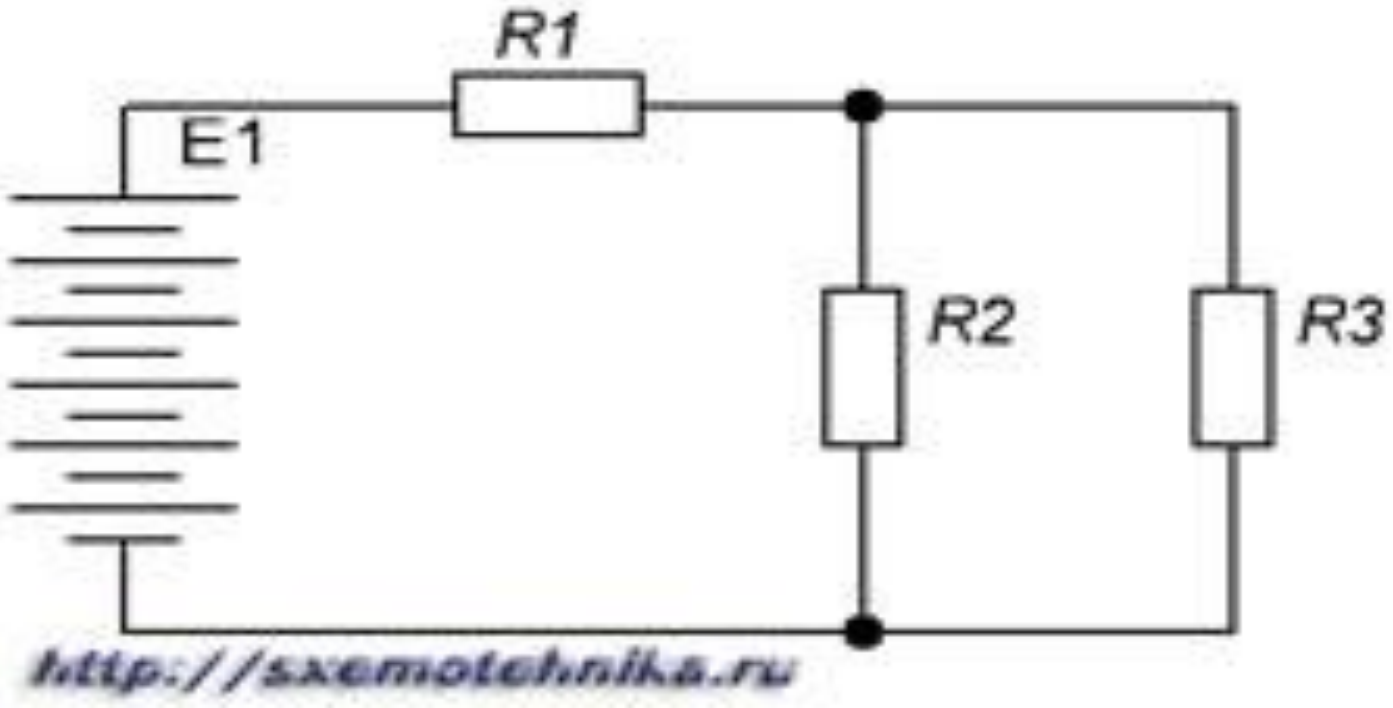
$$\mathbf{I_{общ}=I_1+I_2+I_3}$$

Падение напряжения на всех резисторах будет равно приложенному напряжению к участку с параллельным соединением резисторов:

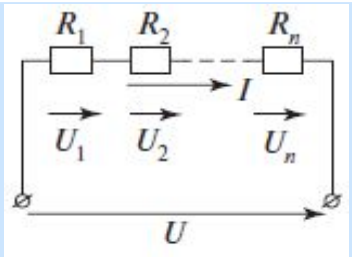
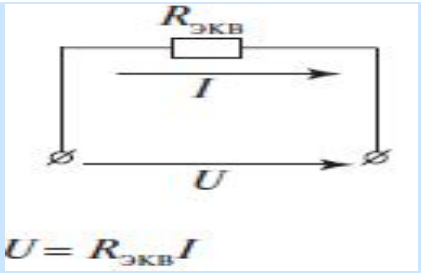
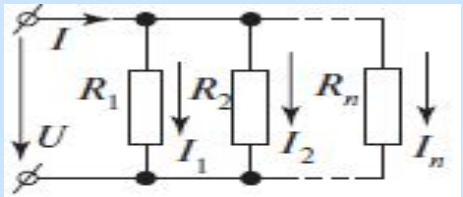
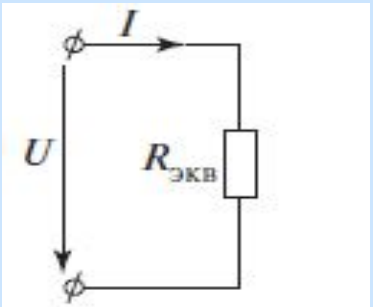
$$\mathbf{E=U_1=U_2=U_3}$$

Последовательно-параллельная электрическая цепь.

* Последовательно-параллельная электрическая цепь является комбинацией последовательной и параллельной цепи, то есть ее элементы включаются и последовательно и параллельно.

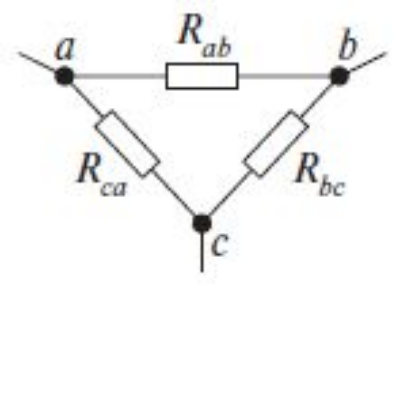


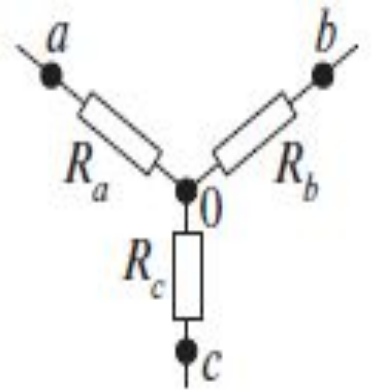
Преобразования участков электрической цепи

№ п/п	Схема		Основные соотношения
	исходная	эквивалентная	
1	Последовательное соединение элементов		
	 $U = IR_1 + IR_2 + \ldots + IR_n$	 $U = R_{экв} I$	
2	Параллельное соединение элементов		
	 $I = I_1 + I_2 + \ldots + I_n,$ где $I_1 = \frac{U_1}{R_1} = U_1 G_1,$ $I_n = \frac{U_n}{R_n} = U_n G_n$	 $I = \frac{U}{R_{экв}} = U G_{экв}$	

Преобразования участков электрической цепи

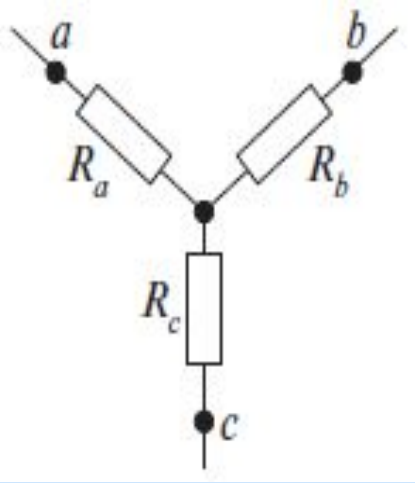
3	**Преобразование соединения элементов треугольника в звезду**

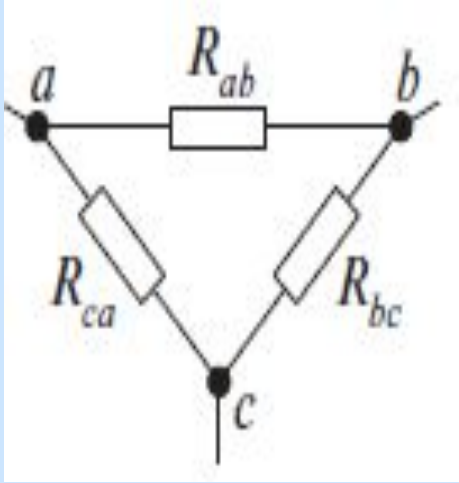




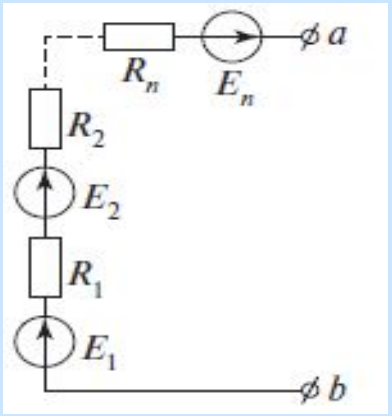
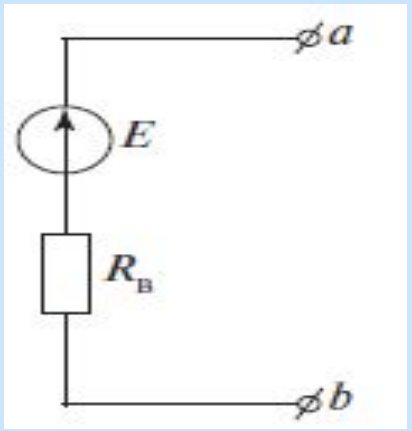
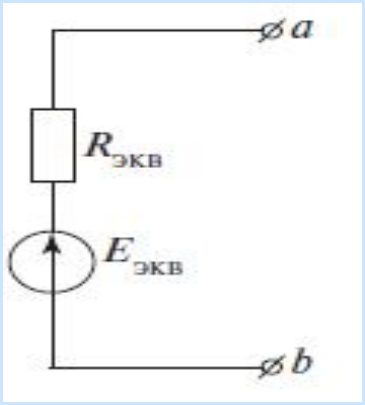
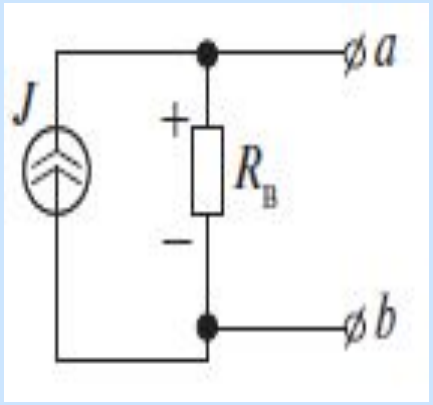
Преобразования участков электрической цепи

4 **Преобразование соединения элементов ≪звезды≫ в ≪треугольник≫**



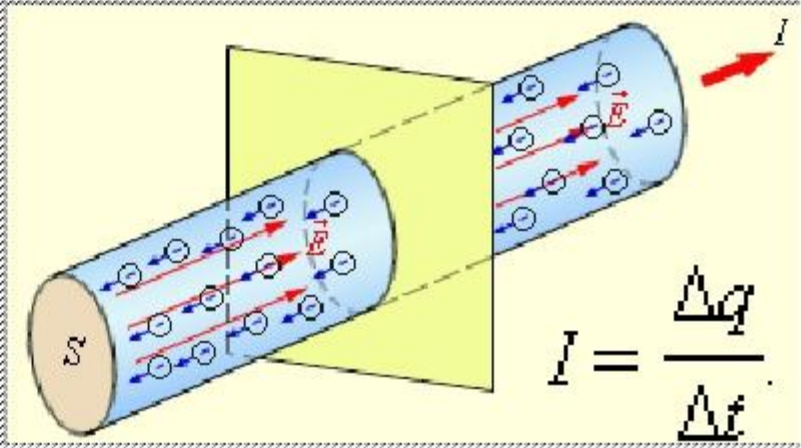


Преобразования участков электрической цепи

5	Преобразование последовательного соединения источников ЭДС		
			
6	Преобразование источника тока в источник ЭДС		
			E=JRв

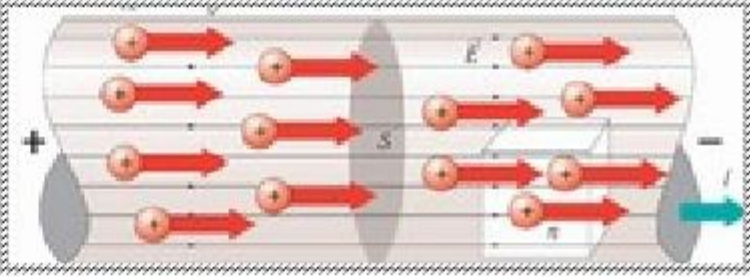
Электрический ток. Сила тока, напряжение, электрическое сопротивление.

- Непрерывное **упорядоченное** движение свободных носителей электрического заряда называется **электрическим током**.
- **Сила тока *I*** – скалярная физическая величина, равная **отношению *заряда* Δq**, переносимого через поперечное сечение проводника (рис. 1.8.1) ***за интервал времени*** Δt, к этому интервалу времени:
- В Международной системе единиц



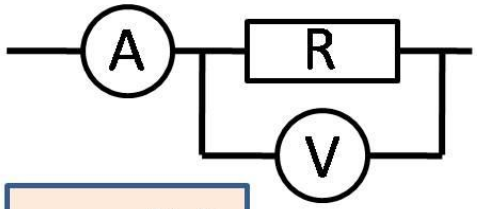
S – площадь поперечного сечения проводника,
$\vec{E}$ – электрическое поле

$$U = \phi_2 - \phi_1 = \frac{A}{q}$$



Законы постоянного тока

Электрический ток – *направленное движение заряженных частиц*



Сила тока	Напряжение	Сопротивление
$I = \frac{q}{t}$	$U = \frac{A}{q}$	$R = \frac{\rho l}{S}$
ампер	вольт	ом

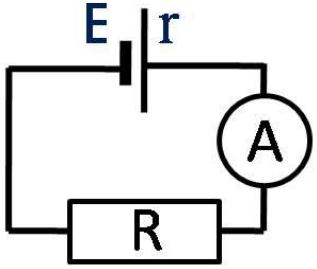
$$I = \frac{U}{R}$$

для участка цепи

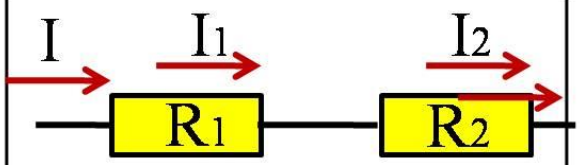
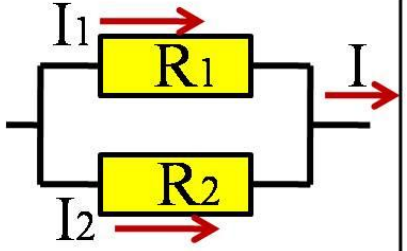
Закон Ома

для полной цепи

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



соединения проводников

последовательное	*параллельное*
	
$I = I_1 = I_2$ $U = U_1 + U_2$ $R = R_1 + R_2$	$I = I_1 + I_2$ $U = U_1 = U_2$ $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

Работа

A = UIt

Мощность

P = UI

Количество теплоты

$Q = I^2Rt$

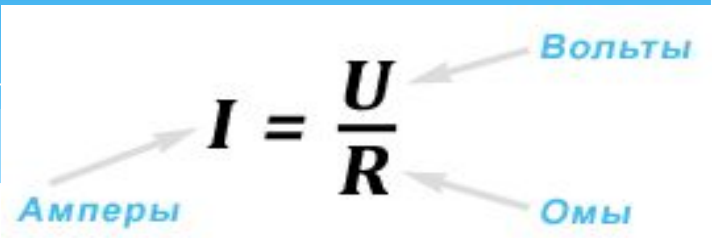
$Q = U^2t/R$

Q = A

Основные законы электрических цепей. Закон Ома:

Этот закон называется **законом Ома для участка цепи** и выражается он следующей формулой:

I = U/R

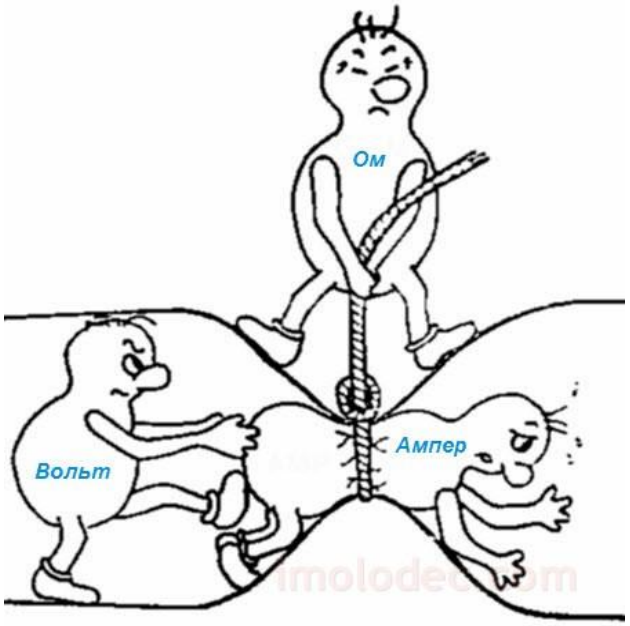


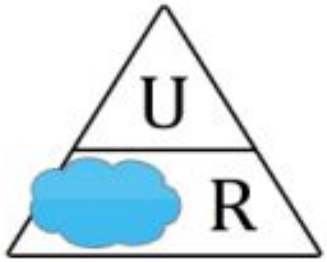
где

I = сила тока , А;

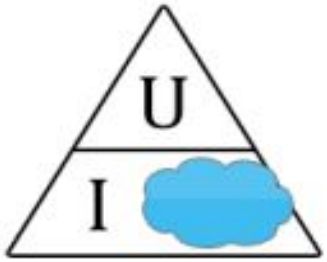
U = приложенное напряжение, В

R = сопротивление, Ом.





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



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

$U = I * R$

fmolodec.com

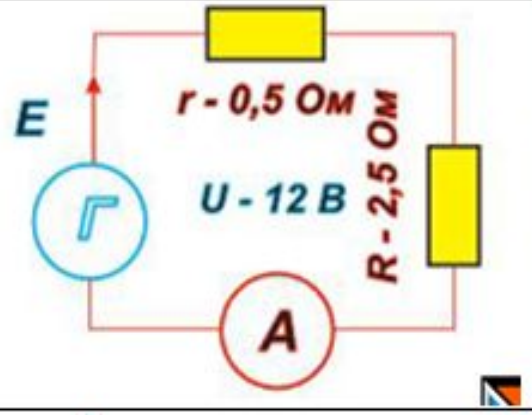
Закон Ома для полной цепи

$R = U / I$	$R = 12 / 30$	U - напряжение на участке цепи -12В I - сила тока на этом участке - 30 А R - сопротивление участка цепи (проводника) = 0,4 Ом

Energetik.com.ru

Закон Ома для всей цепи постоянного тока	$I = E / (R + r)$	I - сила тока всей цепи (A); R - сопротивление цепи ($Ом$); r – внутреннее сопротивление источника ЭДС; E – ЭДС источника; *(подробнее об ЭДС см. на стр. схемы электрических цепей, ЭДС)*

- Пример для расчета тока всей цепи:

	$I = 12 / (2,5 + 0,5)$	E – ЭДС источника – 12 В; R - сопротивление цепи - 2,5 Ом; r – внутреннее сопротивление источника ЭДС – 0,5 Ом; I - сила тока всей цепи = 4 А

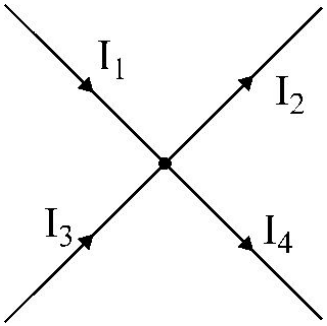
Законы Кирхгофа.

Алгебраическая сумма токов в узле равна нулю:

$\Sigma I_i = 0$

Где i - число ветвей, сходящихся в данном узле.

Т.е., суммирование распространяется на токи в ветвях, которые сходятся в рассматриваемом узле.



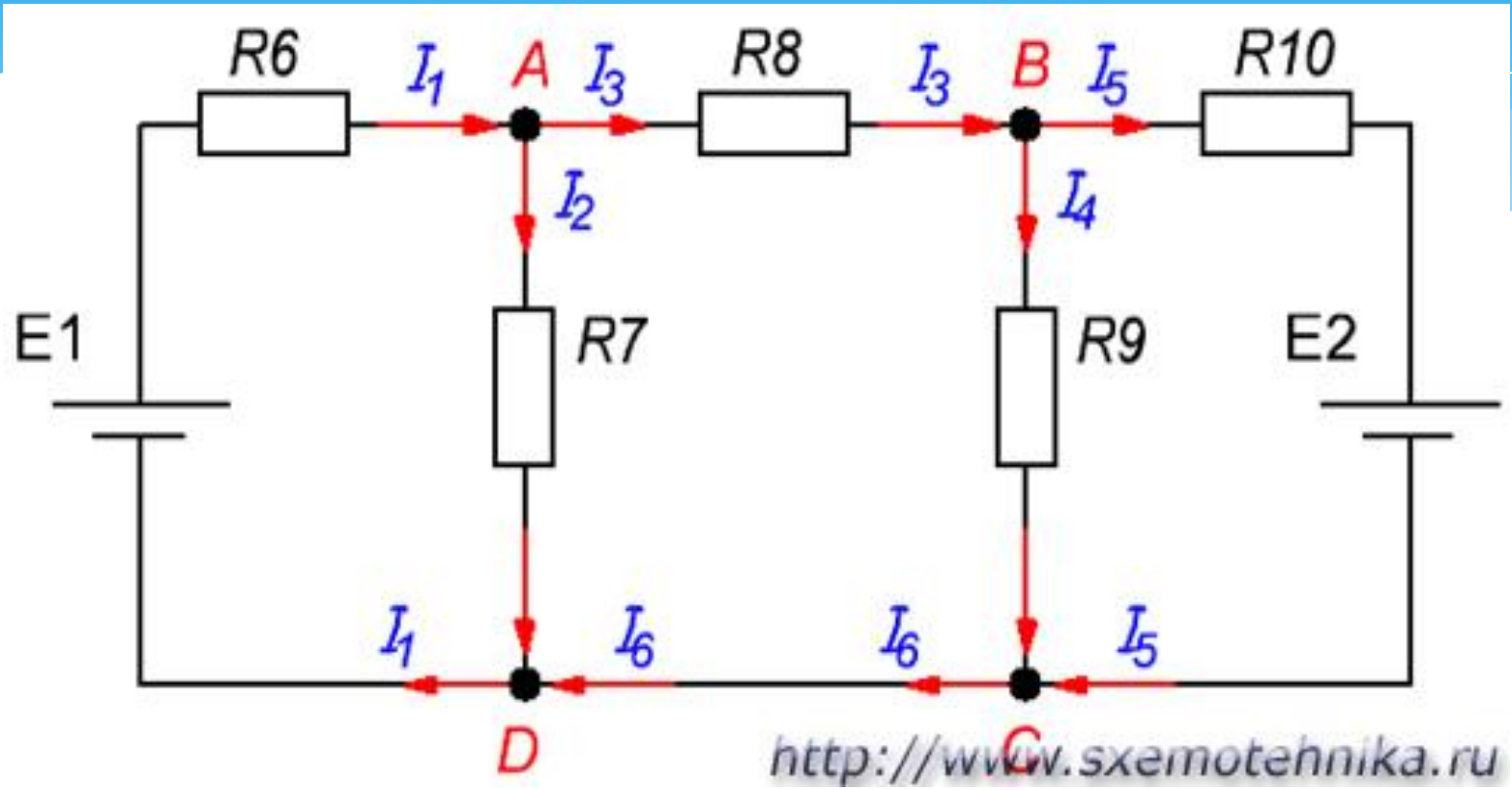
Число уравнений, составляемых по первому закону Кирхгофа, определяется формулой: Nур = Nу – 1,

Где Nу – число узлов в рассматриваемой цепи. Припишем токам, подтекающим к узлу знаки «+», а к токам, оттекающим от узла – знаки «-».

Тогда уравнение по первому закону Кирхгофа запишется так:

$$\mathbf{I_1 - I_2 + I_3 - I_4 = 0.}$$

Составить уравнения для узлов



Второй закон Кирхгофа:

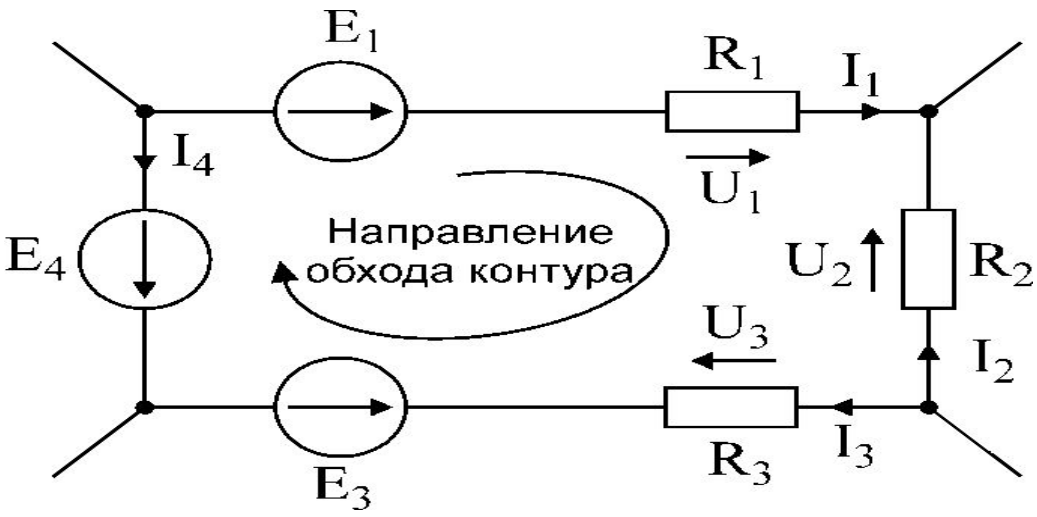
Алгебраическая сумма э.д.с. в любом замкнутом контуре цепи равна алгебраической сумме падений напряжения на элементах этого контура:

$\Sigma U_i = \Sigma E_i$ $\Sigma I_i R_i = \Sigma E_i$

Где i – номер элемента (сопротивления или источника напряжения) в рассматриваемом контуре. Число уравнений, составляемых по второму закону Кирхгофа, определяется формулой: $N_{ур} = N_b – N_у + 1 – N$ э.д.с.

Где N_b – число ветвей электрической цепи; $N_у$ - число узлов;

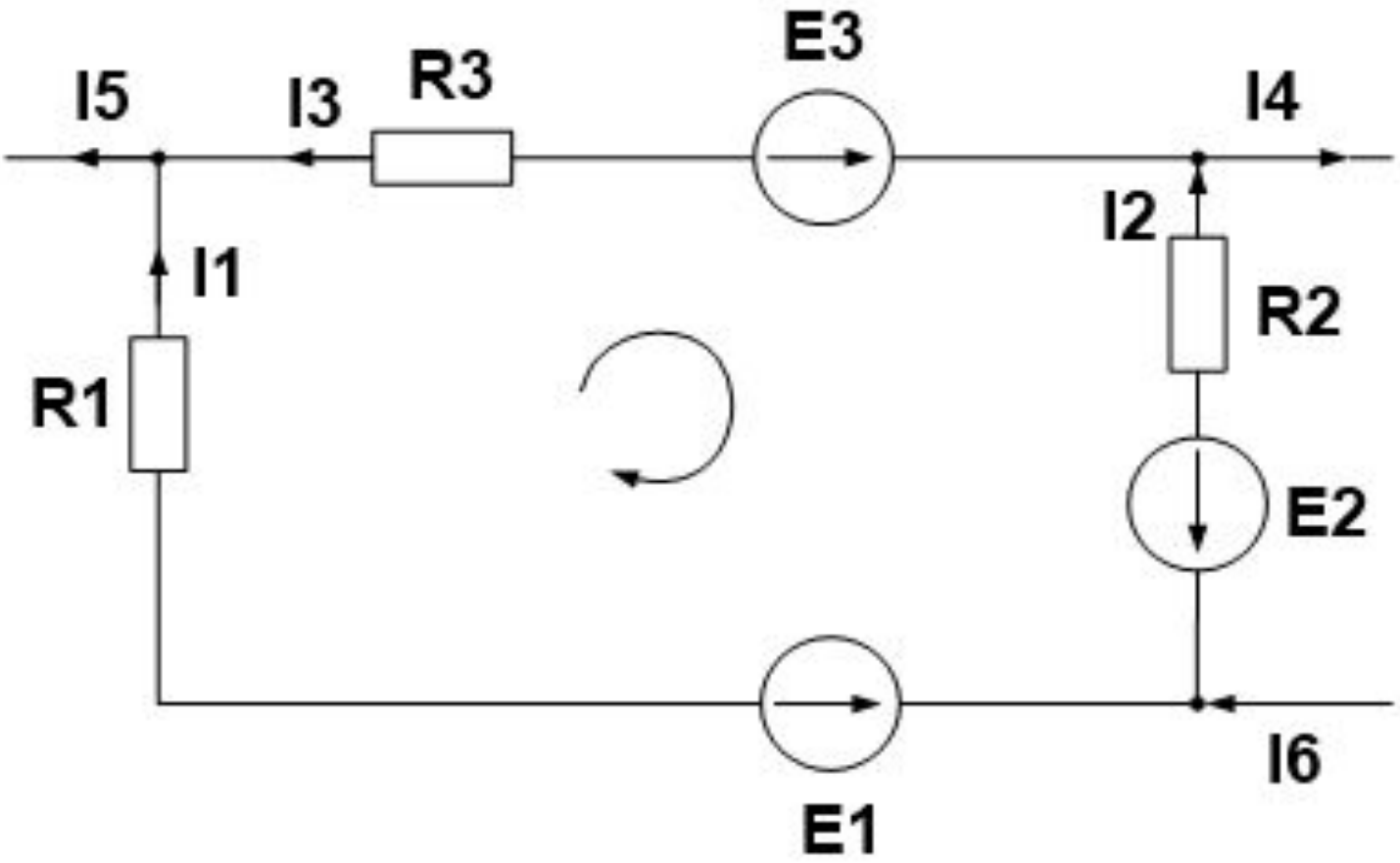
N э.д.с. - число идеальных источников э.д.с.



$$U_1 – U_2 + U_3 = E_1 – E_3 – E_4$$

$$\Sigma (U_i – E_i) = 0$$

Составить уравнения для контура и узлов



Ответ

1 ЗАКОН КИРХГОФА

I2-I4-I3=0

I6-I1-I2=0

I1+I3-I5=0

2 ЗАКОН КИРХГОФА

I1R1-I2R2-I3R3= -E1+E2+E3

Мощность в цепи постоянного тока

Работа тока на участке цепи, где A = Q	$A = U * I * t =$ $= I^2R * t = \frac{U^2}{R} * t$	*A* – работа тока на участке цепи *(Дж)* *U* - напряжение на участке цепи *(В)* *t* - время *(сек)* *I* - сила тока на этом участке *(А)* *R* - сопротивление участка цепи *(Ом)*

Energetik.com.ru

Мощность тока в цепи	$P = U * I;$ $P = I^2 * R;$ $P = \frac{U^2}{R}$	*P* – мощность тока цепи *(Вт)* *U* - напряжение цепи *(В)* *I* - сила тока цепи *(А)* *R* - сопротивление цепи *(Ом)*

- Пример для расчета мощности в цепи постоянного тока:

Мощность тока в цепи постоянного тока	$P = 12 * 30;$ $P = 30^2 * 0,4;$ $P = 12^2 / 0,4$	*U* - напряжение цепи - 12 В *I* - сила тока цепи - 30 А *R* - сопротивление цепи – 0,4 Ом *P* – мощность тока цепи = 360 Вт

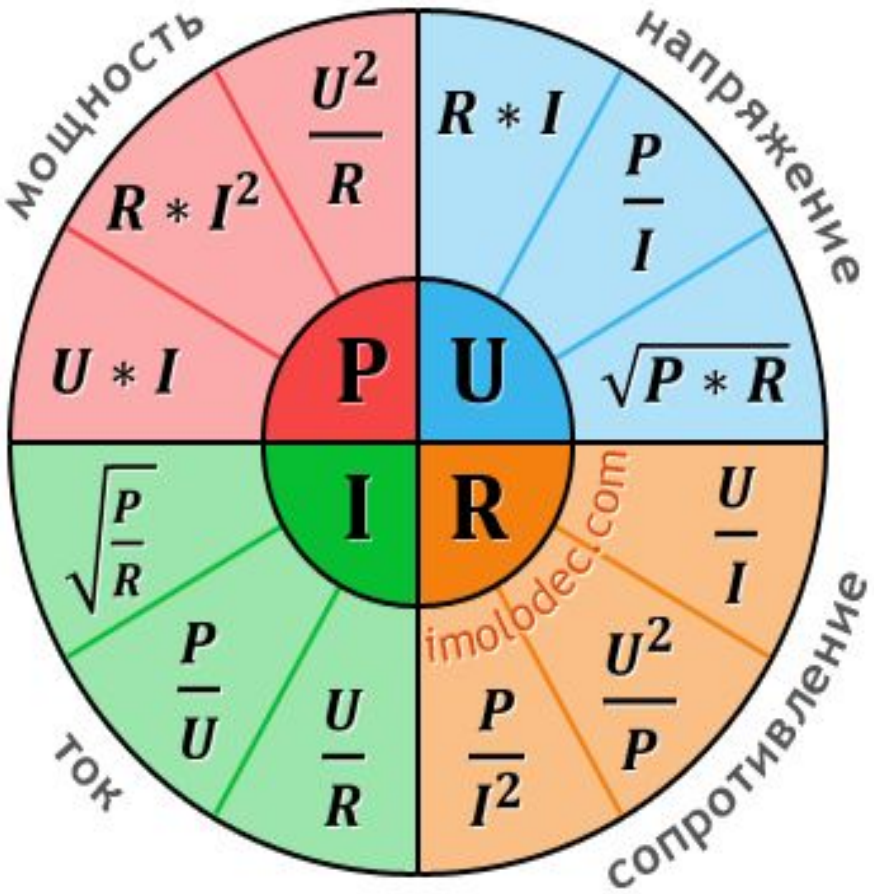
Составление баланса мощностей.

* Из закона сохранения энергии следует, что вся мощность, поступающая в цепь от источников энергии, в любой момент времени равна всей мощности, потребляемой приемниками данной цепи.
* То есть ΣРпотр. = ΣРист.
* Мощность потребителей, которыми в цепях постоянного тока являются резисторы, определяется по формуле Рпотр. = I^2R
* Мощность источника э.д.с. определяется по формуле
* **Рэ.д.с. = EI** где I – ток в ветви с источником э.д.с.
* Если э.д.с. и ток этой ветви совпадают по направлению, то мощность Рэ.д.с. входит в выражение баланса со знаком «+», если не совпадают – то Рэ.д.с. – величина отрицательная. Мощность источника тока определяется по формуле: **Ри.т. = IU**

Закрепление изученного материала

* 1.Что такое электрическое поле.
* 2.Закон Кулона.
* 3. Напряжённость электрического поля.
* 4.Классификация эл. Цепй.
* 5.Активные элементы электрических цепей.
* 6.Пассивные элементы электрических цепей.
* 7.Способы соединений элементов в цепи.
* 8. Закон Ома.
* 9.1 Закон Кирхгофа.
* 10.2Закон Кирхгофа.
* 11.Баланс мощности в электрической цепи.

Домашнее задание



Теория эл. цепей СТР.9-25	В.И. Никулин	Москва РИОР ИНФРА-М
Электротехника стр.5-42,45-117	Л.И. Фуфаева	- М.: Академия, 2009.-384с.