

# 1 лекция

# Литература:

**1. Демирчян К.С., Нейман Л.Р.,**

**Коровкин Н.В.**

**Теоретические основы**

**электротехники:**

**Учебник для вузов. 5-е изд.**

**Том 1. – СПб. : Питер, 2009. – 512 с.**

**2. Демирчян К.С., Нейман Л.Р.,**

**Коровкин Н.В.**

**Теоретические основы**

**электротехники:**

**Учебник для вузов. 5-е изд.**

**Том 2. – СПб. : Питер, 2009. – 432 с.**

**3. Бессонов Л. А.**  
**Теоретические основы**  
**электротехники.**  
**Электрические цепи.**  
**- М.: Юрайт, 2012. – 701 с.**

**4. Бессонов Л. А.**

**Теоретические основы  
электротехники.**

**Электромагнитное поле.**

**- М.: Высшая школа, 1985. – 263 с.**

# **Параметры электрических цепей**

**Электрическая цепь – это**  
**совокупность соединенных**  
**проводниками источников**  
**и приемников**  
**электромагнитной энергии**  
 **$W$  (Джоуль=Дж)**



**Электрическая цепь**  
**служит для передачи,**  
**распределения и**  
**преобразования**  
**электромагнитной энергии**

**Источники преобразуют  
различные виды энергии в  
электромагнитную энергию**

**- аккумуляторы, электро-  
машинные генераторы,  
солнечные батареи и  
другие устройства.**

**Источники генерируют  
электромагнитную энергию**

# **Приемники**

**– это накопители и**

**потребители**

**электромагнитной энергии**

**Накопители** запасают и  
**затем отдают в цепь**  
**электромагнитную энергию**  
**- это индуктивные и**  
**емкостные накопители**

**Потребители преобразуют  
электромагнитную энергию  
в другие виды энергии –  
это нагреватели, лампы,  
двигатели и другие  
устройства.**

**Потребители потребляют  
электромагнитную энергию**

**Свое назначение**  
**электрическая цепь**  
**выполняет при наличии в**  
**ней электрического тока**  
**и напряжения**

Электрический ток  $i$  (Ампер= $A$ )

– это упорядоченное движение

зарядов  $q$  (Кулон= $Кл$ ).

Ток ( $i$ ) равен скорости

изменения во времени ( $t$ ) заряда ( $q$ ),

переносимого через поперечное

сечение участка цепи.

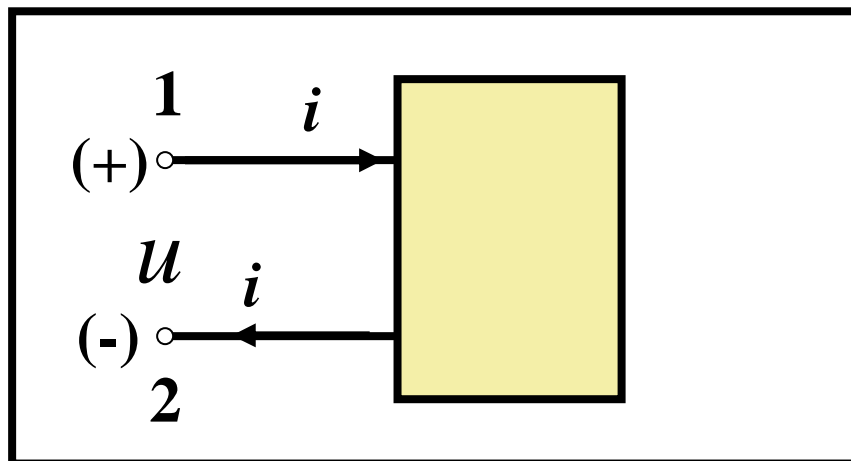
Различают токи

проводимости, смещения и

переноса.

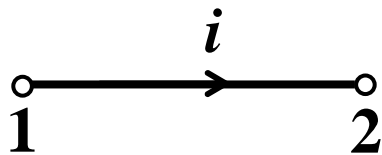
Ток  $i$ :

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

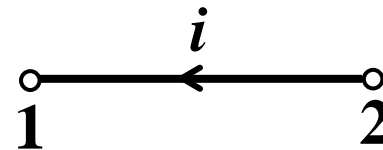




Для однозначного определения **тока** за **положитель-**  
**ное** направление достаточно  
выбрать одно из двух его  
возможных направлений:



ИЛИ



**Напряжение ( $u$ ) равно энергии ( $W$ ),  
затрачиваемой на перемещение  
единицы заряда ( $q$ ) из  
одной точки цепи в другую  
точку, причем  
напряжение  $u$  (Вольт=В)  
равно разности  
потенциалов ( $\varphi$ ) этих точек.**

Напряжение *u*:

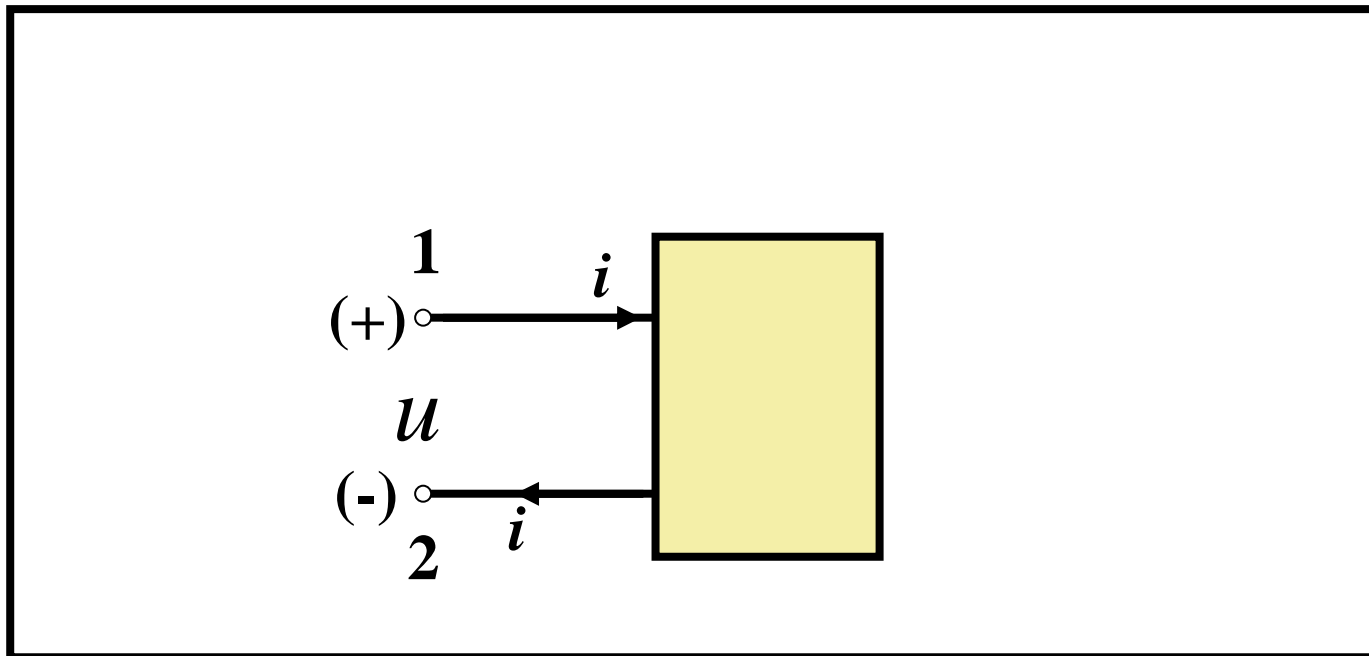
$$u = \frac{dW}{dq} = \varphi_1 - \varphi_2, \text{ В=Дж/Кл}$$

**Потенциал  $\varphi$  (В) – это скаляр-**  
**ная величина, определяемая**  
**с точностью до постоянной**  
**и равная работе по переносу**  
**единицы положительного**  
**заряда  $q$  из данной точки в**  
**точку с  $\varphi=0$**

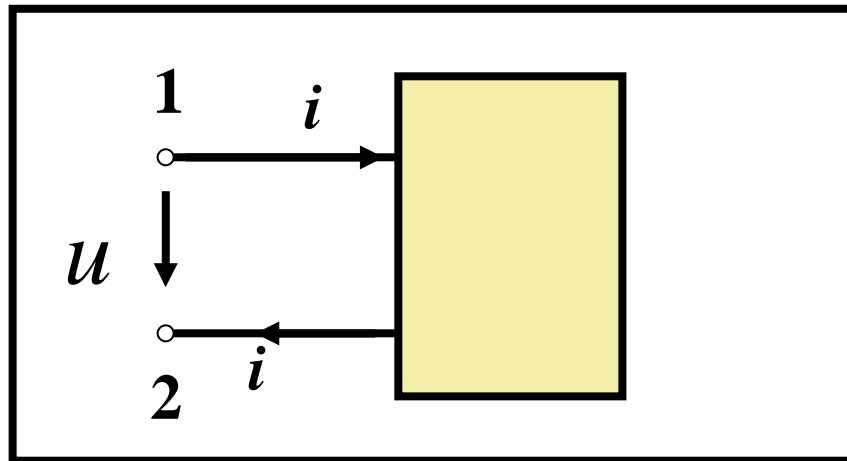
**Положительное направление  
напряжения  $u$  связано с  
принятым положительным  
направлением тока  $i$ , причем  
ток  $i$  течет от более высокого  
потенциала  $\varphi_1 (+)$  к более  
низкому потенциалу  $\varphi_2 (-)$ .**

# Напряжение ( $u$ ) обозначается:

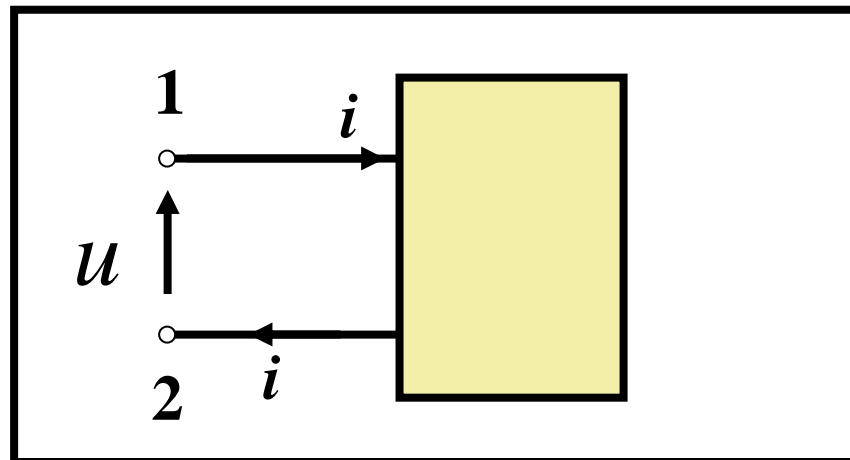
## а) напряжение



## б) падение напряжения



## в) повышение напряжения



**Мощность  $p$  (Ватт=Вт)**

**характеризует  
преобразование энергии  
на участке цепи.**

**Мощность ( $p$ ) равна  
скорости изменения энергии ( $W$ )  
во времени ( $t$ ).**



## Мощность:

$$p = \frac{dW}{dt} = u \cdot i, \text{ Вт=Дж/с=В}\cdot\text{А}$$

**Если мощность  $p > 0$  –  
то энергия  
потребляется на данном  
участке цепи.**

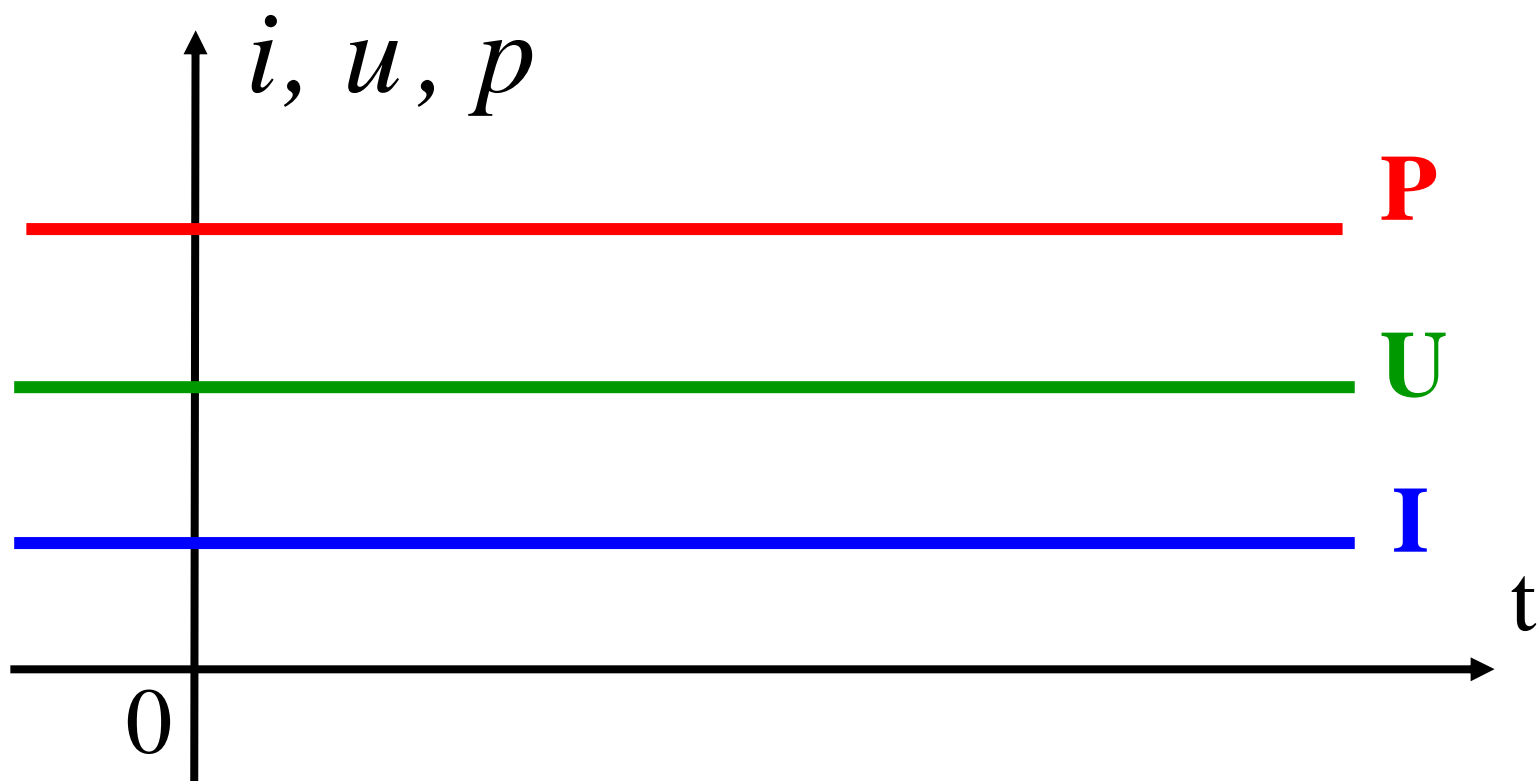
**Если мощность  $p < 0$  –  
то энергия генерируется  
на этом участке цепи.**

**Постоянные ток и  
напряжение неизменны во  
времени и генерируются  
источниками постоянного  
тока и напряжения:  
аккумуляторами, солнечными  
батареями, термopарами,  
электромашиными  
генераторами**

$$i = I$$

$$u = U$$

$$p = P = UI$$



**Синусоидальные (гармонические)**

**ТОКИ И**

**напряжения** генерируются

**электромашинными генераторами**

**и наиболее распространены**

**в электроэнергетике,**

**причем в России:**

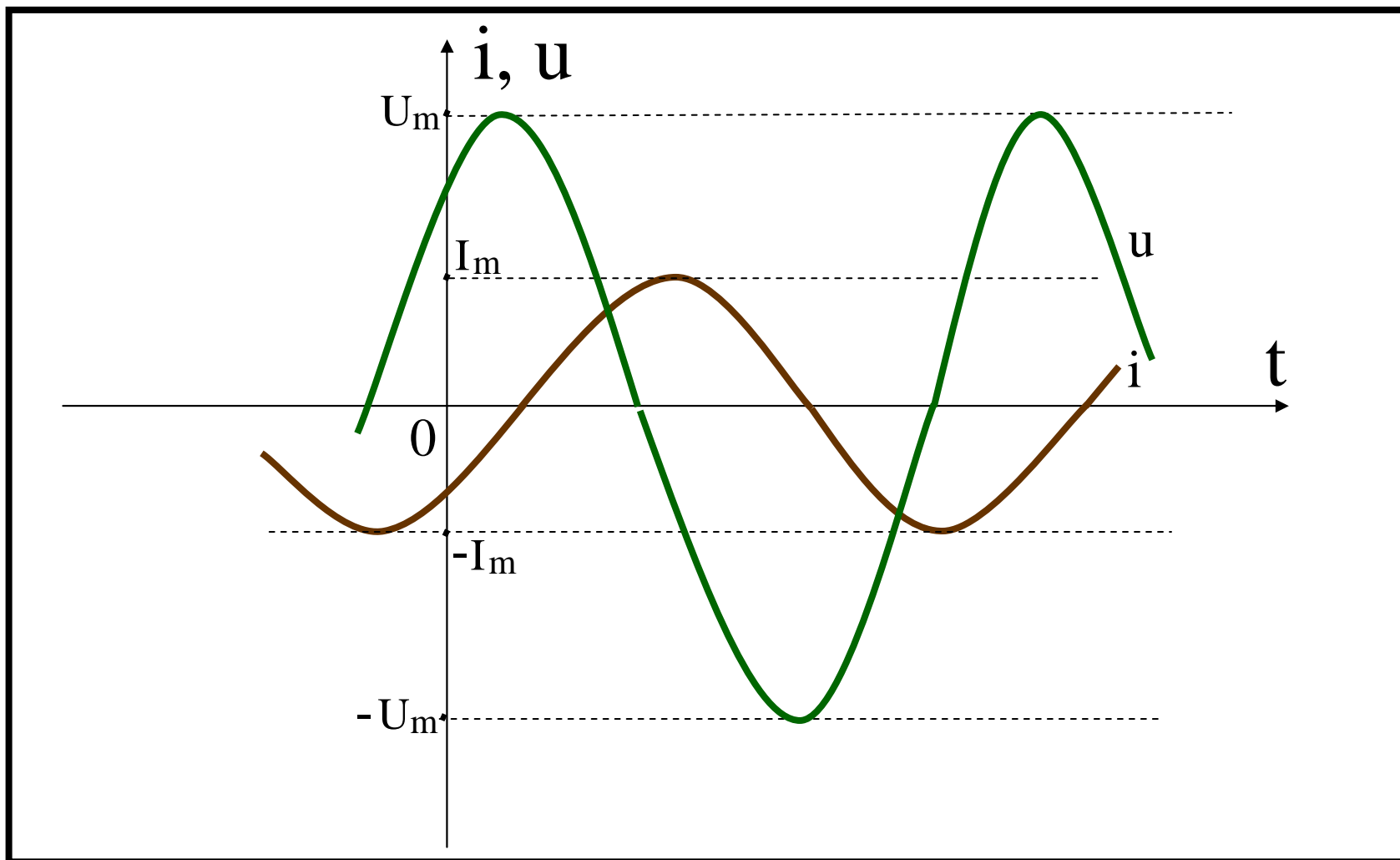
$f = 50$  Гц - частота

$\omega = 2\pi f = 314$  1/с – угловая частота

$$\mathbf{i} = \mathbf{I}_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi)$$

$$\mathbf{u} = \mathbf{U}_m \sin(\omega t + \alpha)$$

$$\mathbf{p} = \mathbf{u} \cdot \mathbf{i}$$



Где:

$I_m$  и  $U_m$  - максимальные значения тока и напряжения  
 $\alpha$  - начальная фаза напряжения (Град или Рад)  
 $\varphi$  - угол сдвига фаз между напряжением и током (Град или Рад)  
 $t$  - время (с)



# Линейные элементы схем замещения

**Для облегчения расчета  
и анализа цепей их заменя-  
ют схемами замещения,  
составляемые из пассивных  
и активных элементов**

**Математическое описание  
этих элементов отражает  
реальные физические  
процессы, происходящие  
в электрических цепях**

**Линейные** цепи характеризуются **линейными** уравнениями для **токов** и **напряжений** и заменяются **линейными** схемами замещения

# **Линейные схемы**

**замещения состояются**

**из линейных пассивных**

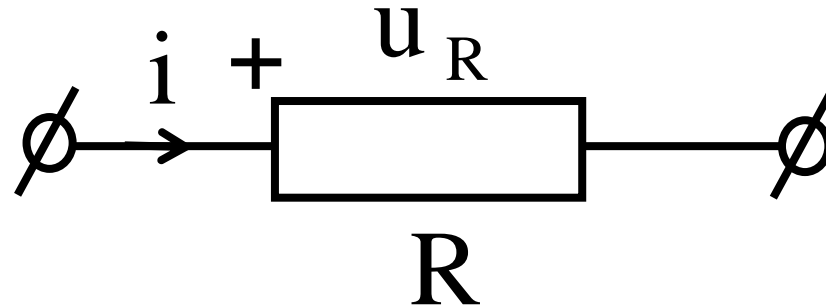
**и активных элементов,**

**характеристики**

**которых линейны**

# **I. Пассивные линейные элементы схем замещения**

# 1. Резистивный элемент



**Закон Ома:**  $\mathbf{i = u_R / R = g u_R \text{ (A)}}$

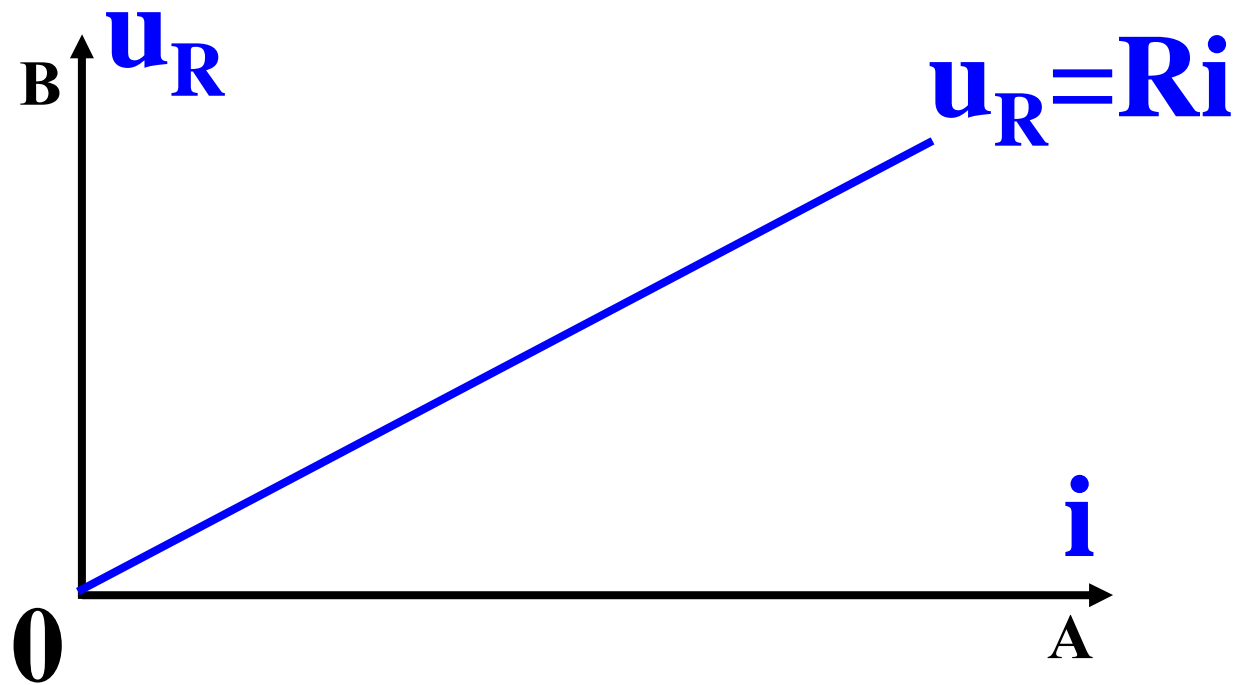
**Закон Джоуля-Ленца:**

$$\mathbf{p = i^2 R = u_R^2 / R \text{ (Вт)}}$$

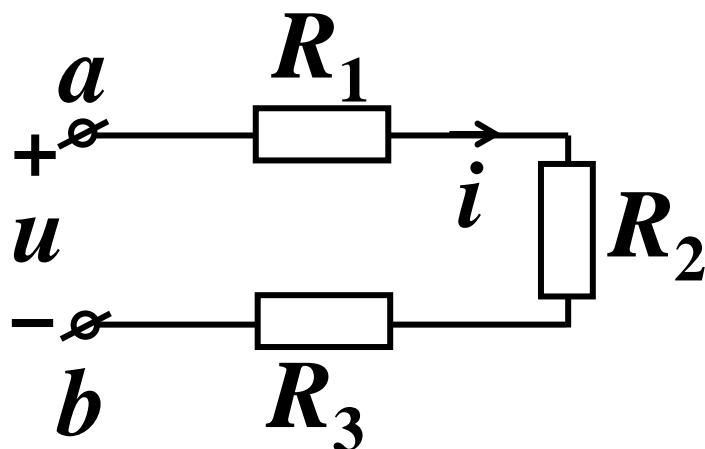
**Резистивные элементы**  
**необратимо преобразуют**  
**электромагнитную энергию**  
**в тепло или в другие виды энергии,**  
**причем для линейных элементов**  
**величины сопротивления  $R$  (Ом) и**  
**проводимости**  
 **$g=1/R$  (1/Ом=Сименс=См)**  
**постоянны**



# Вольтамперная характеристика $u_R(i)$

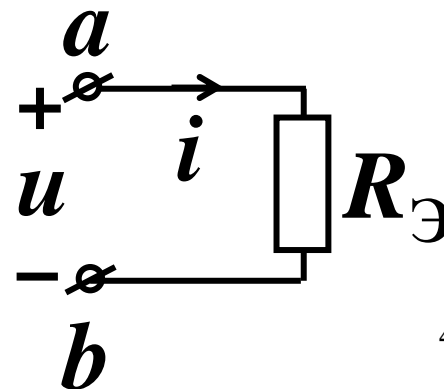


При **последовательном** соединении элементов через них течет **один ток  $i$**  :

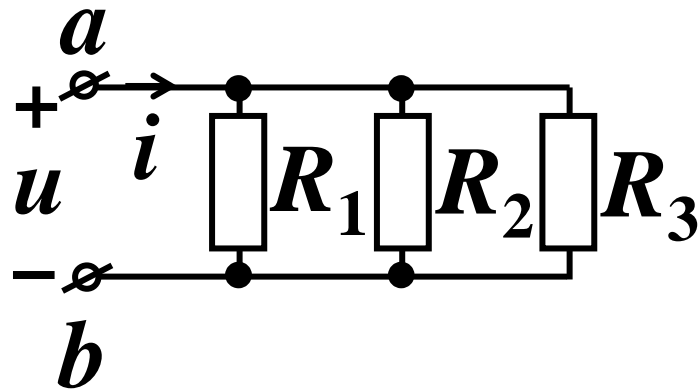


**Эквивалентное сопротивление  $R_{\text{Э}}$**   
последовательного соединения:

$$R_{\text{Э}} = R_1 + R_2 + R_3$$

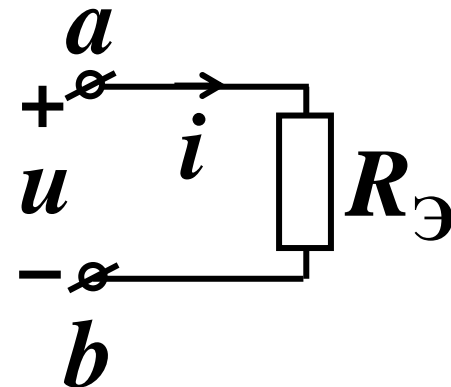


При **параллельном** соединении элементов к ним приложено **одно напряжение  $u$**  :

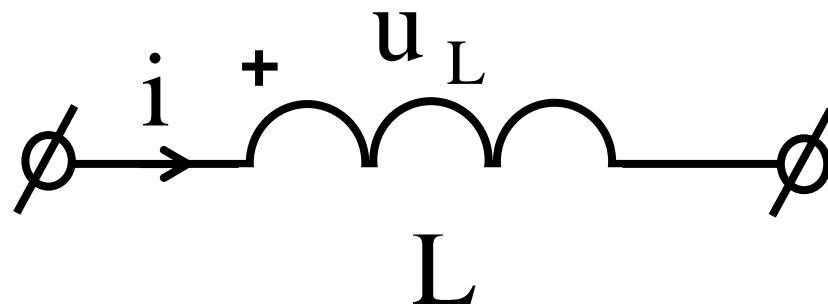


**Эквивалентное сопротивление  $R_{\text{Э}}$**   
параллельного соединения:

$$R_{\text{Э}} = 1/(1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3)$$



## 2. Индуктивный элемент



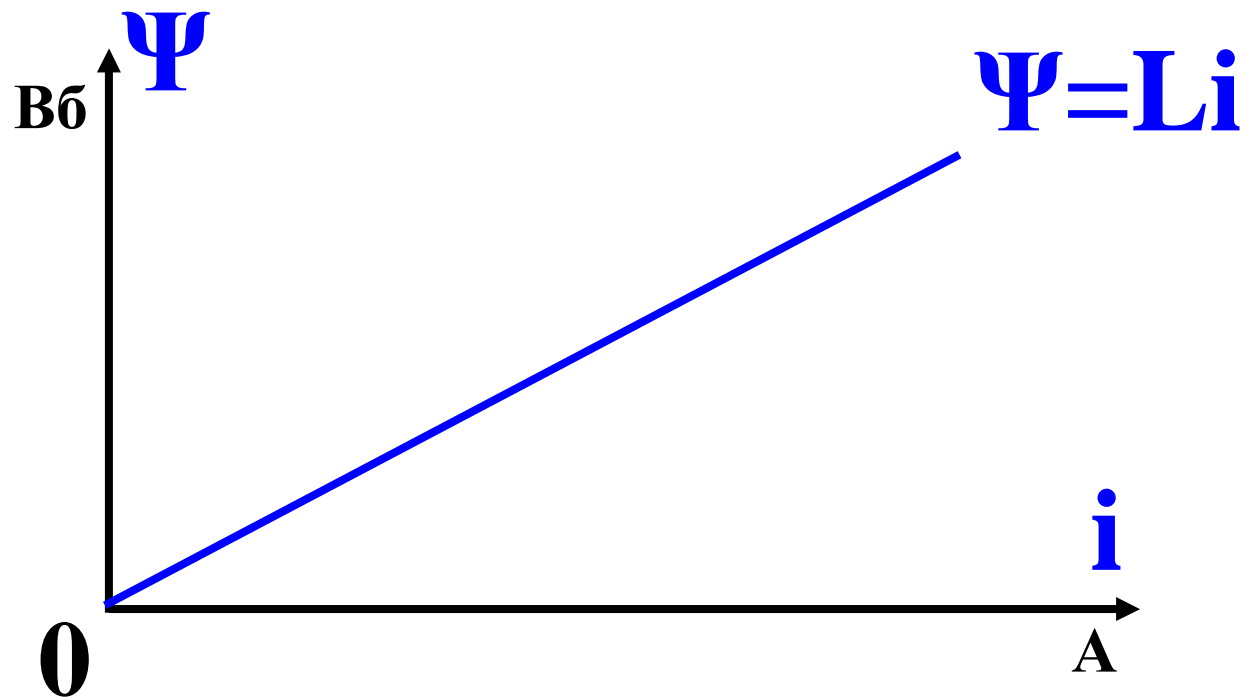
**Напряжение:**  $u_L = L \frac{di}{dt} \text{ (В)}$

**Ток:**  $i = \frac{1}{L} \int u_L dt \text{ (А)}$

**Энергия:**  $W = \frac{L i^2}{2} \text{ (Дж)}$

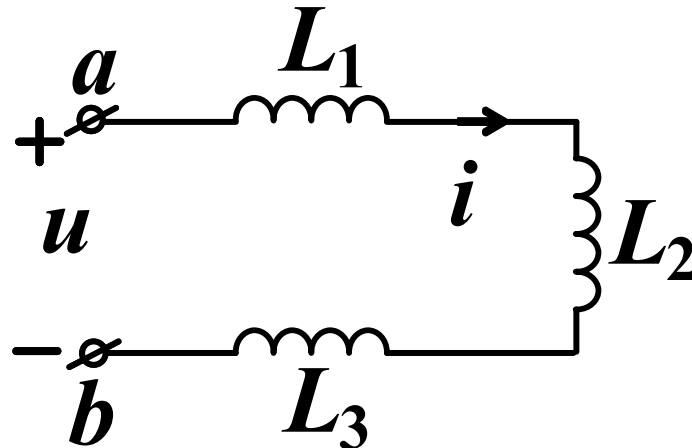
**Индуктивные элементы**  
**запасают электромагнитную**  
**энергию  $W$  в магнитном поле,**  
**причем для линейных элементов**  
**величина индуктивности**  
 **$L$  (Генри= $\Gamma$ н= $\text{Ом}\cdot\text{с}$ ) постоянна**

# Веберамперная характеристика $\Psi(i)$



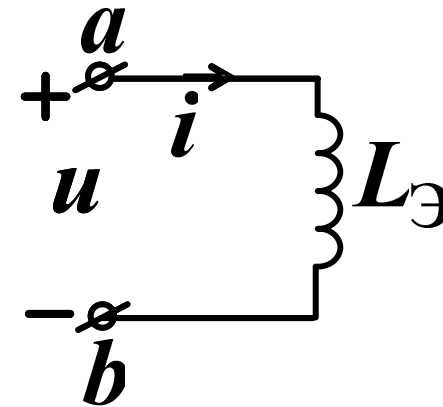
$\Psi$  – потокосцепление (Вебер= $B\delta$ =Гн·А= $B\cdot c$ )

При **последовательном** соединении элементов через них течет **один ток  $i$**  :

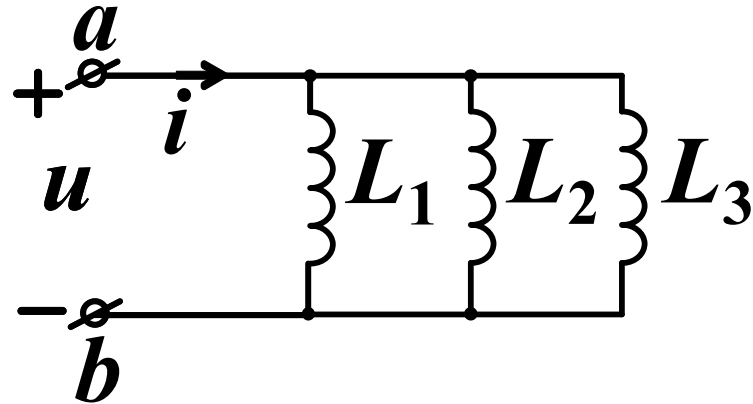


**Эквивалентная индуктивность  $L_{\text{Э}}$**   
последовательного соединения:

$$L_{\text{Э}} = L_1 + L_2 + L_3$$

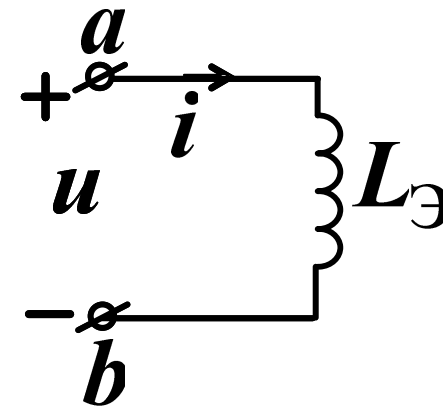


При **параллельном** соединении элементов к ним приложено **одно напряжение  $u$**  :



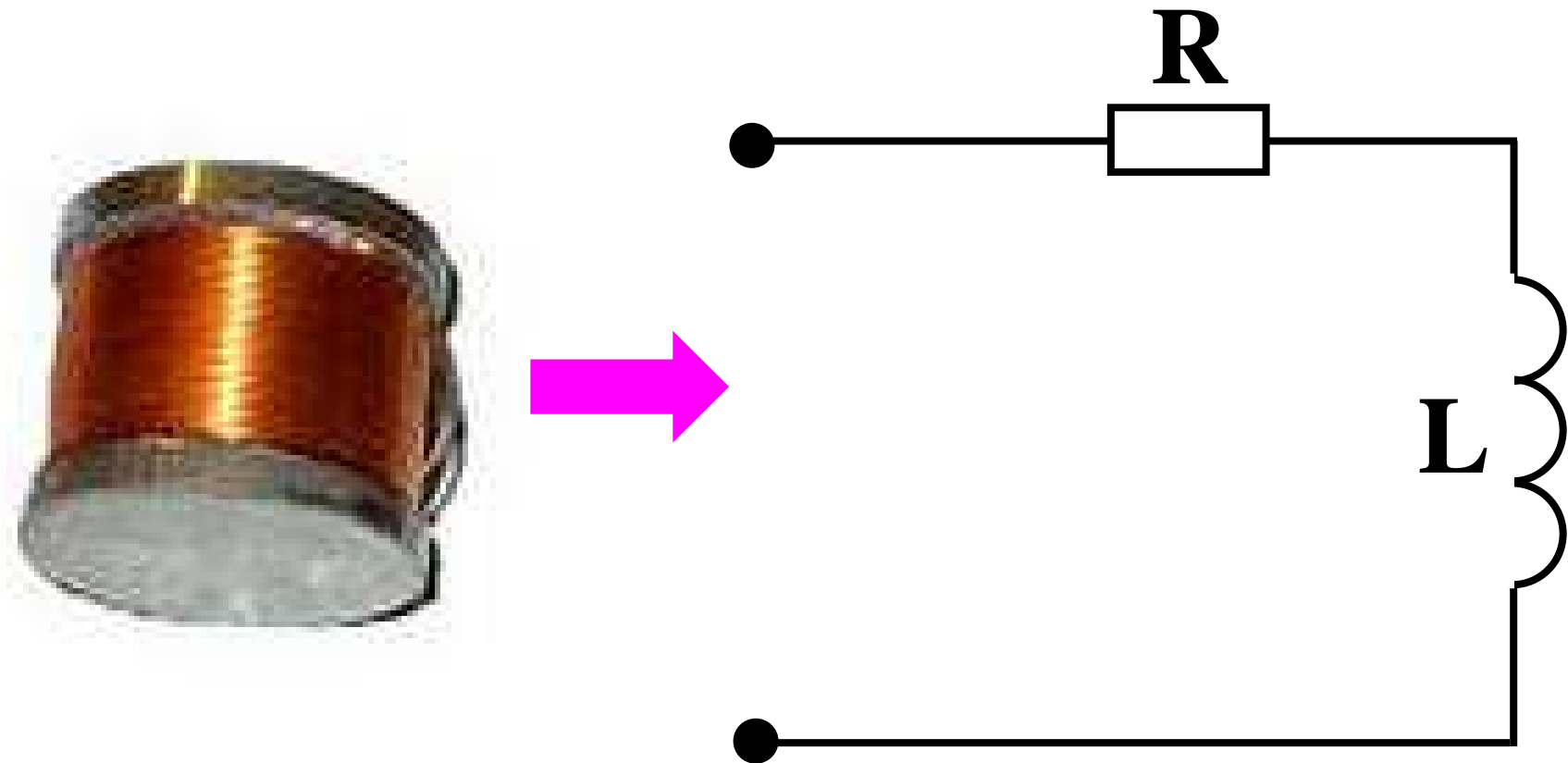
**Эквивалентная индуктивность  $L_{\text{Э}}$**   
параллельного соединения:

$$L_{\text{Э}} = 1/(1/L_1 + 1/L_2 + 1/L_3)$$

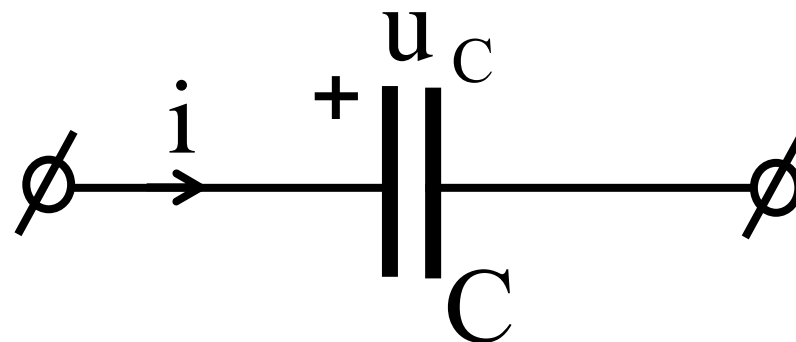




# Схема замещения катушки при частотах $f < 10^6$ Гц:



### 3. Емкостный элемент



**Ток:**

$$i = C \frac{du_c}{dt} \text{ (А)}$$

**Напряжение:**

$$u_c = \frac{1}{C} \int i \, dt \text{ (В)}$$

**Энергия:**

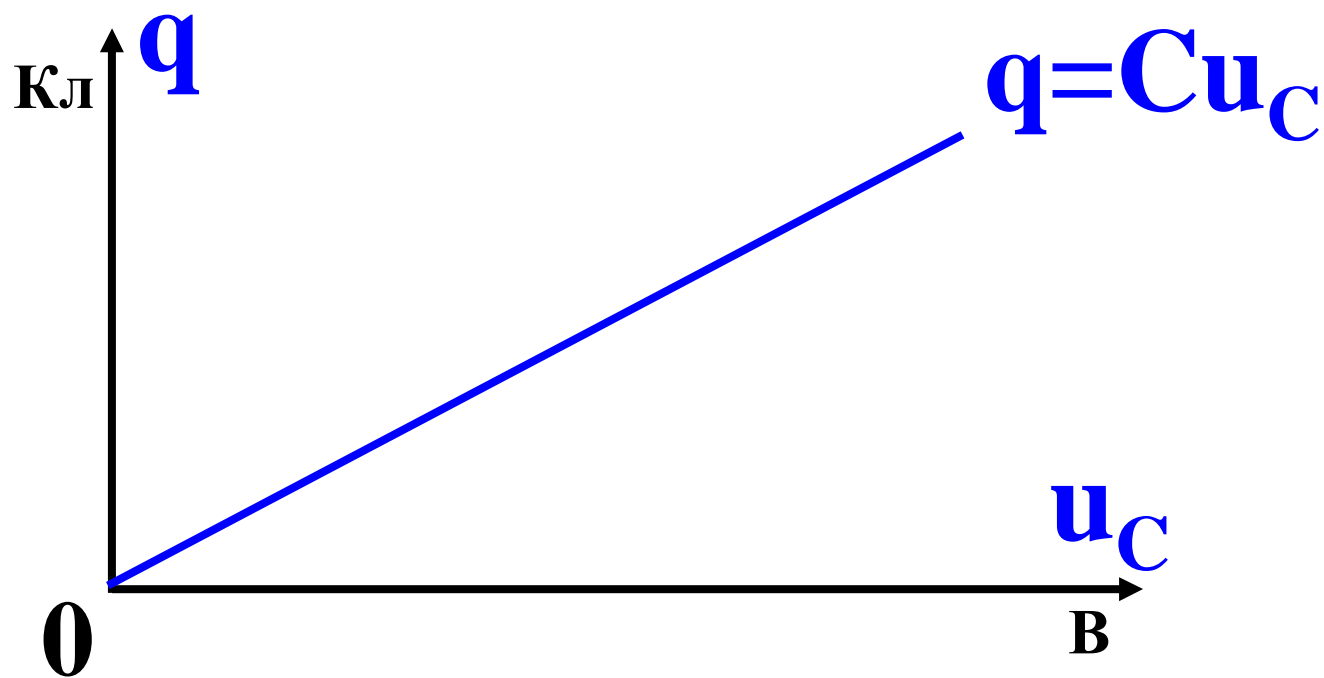
$$W = \frac{C}{2} u_c^2 \text{ (Дж)}$$

**Емкостные элементы запасают**  
**электромагнитную энергию**

**$W$  в электрическом поле,**  
**причем для линейных элементов**  
**величина емкости**

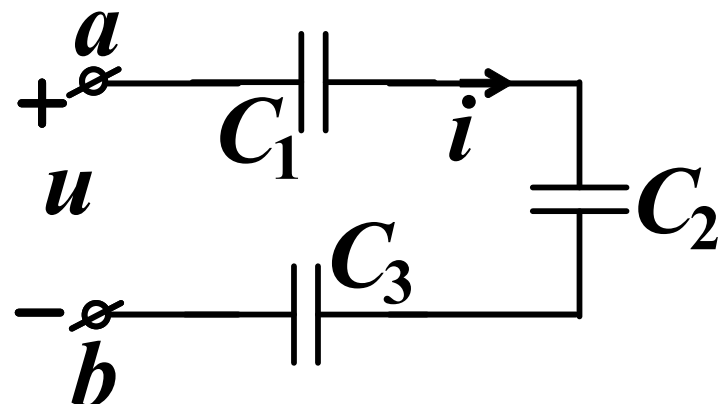
**$C$  (Фарада= $\Phi=c/\text{Ом}$ ) постоянна**

# Кулонвольтовая характеристика $q(u_c)$



$q$  – заряд (Кулон=Кл=А·с)

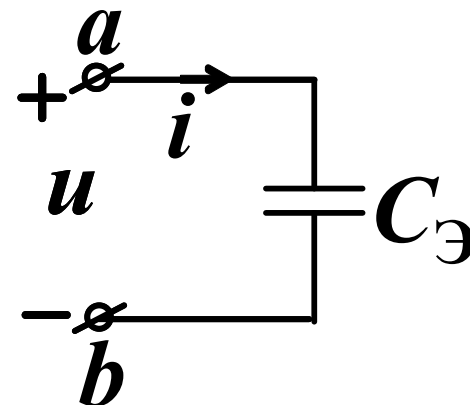
При **последовательном** соединении элементов через них течет **один ток  $i$**  :



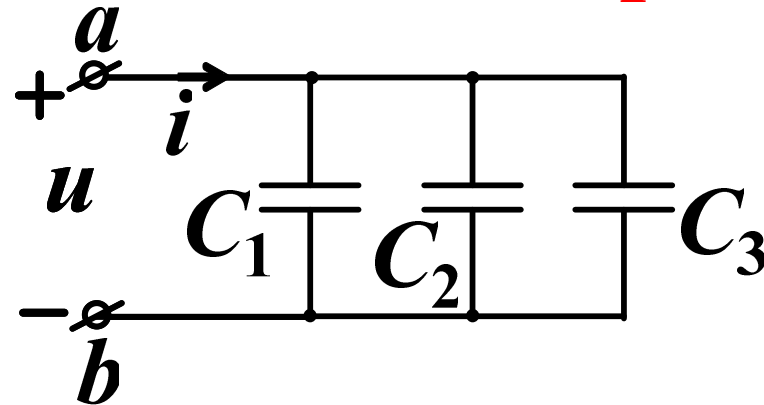
**Эквивалентная емкость  $C_{\Sigma}$**

**последовательного соединения:**

$$C_{\Sigma} = 1/(1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3)$$

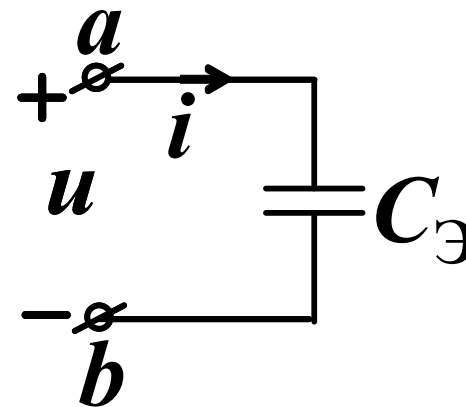


При **параллельном** соединении элементов к ним приложено **одно напряжение  $u$**  :

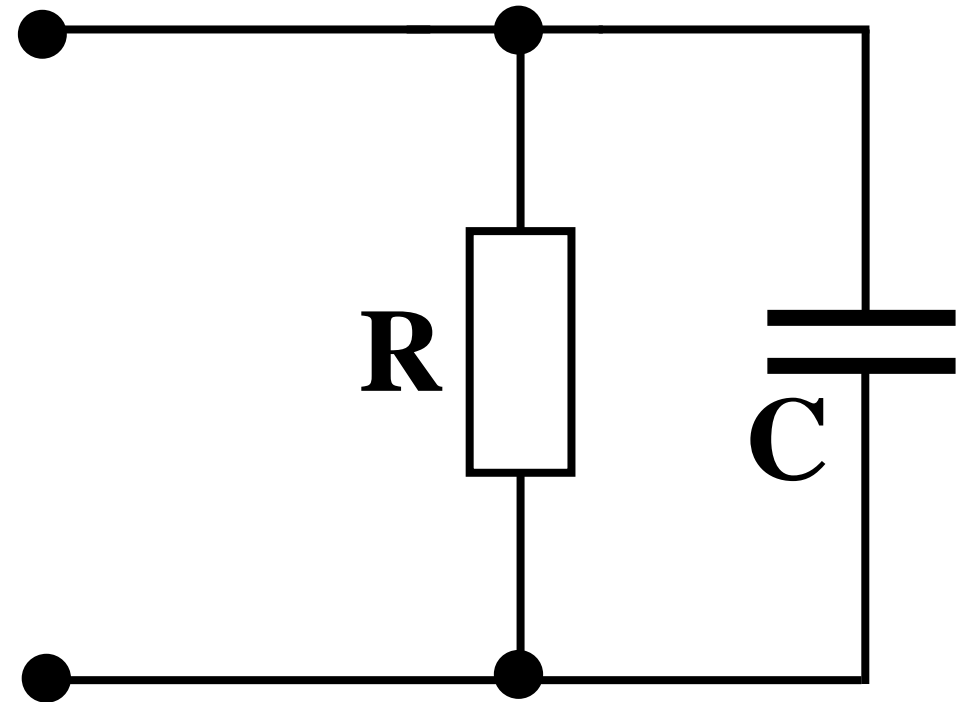
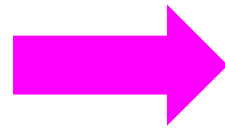


**Эквивалентная емкость  $C_{\Sigma}$**   
параллельного соединения:

$$C_{\Sigma} = C_1 + C_2 + C_3$$



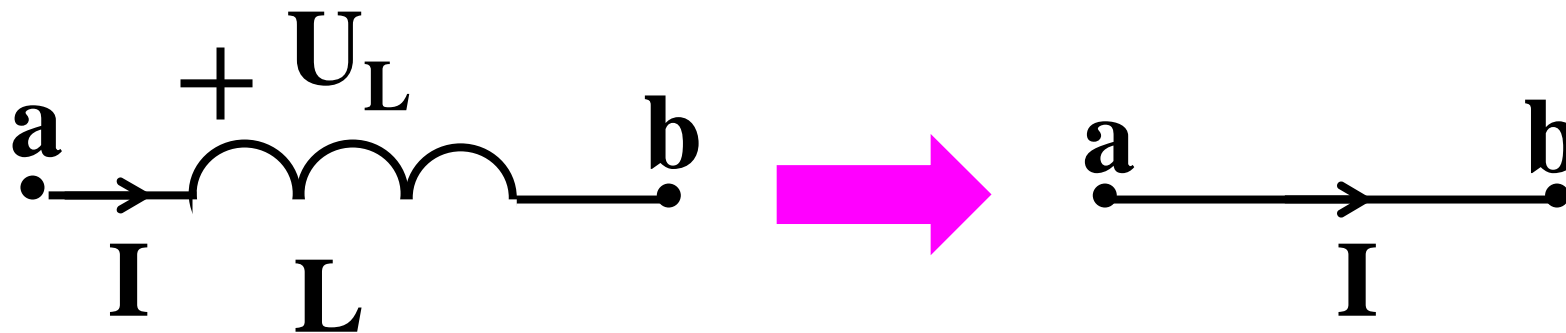
# Схема замещения конденсатора при частотах $f < 10^6$ Гц:



# Примечания

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

Так как  $U_L = L \frac{dI}{dt} = 0$  , то





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

Так как  $I = C \frac{dU_C}{dt} = 0$ , то

