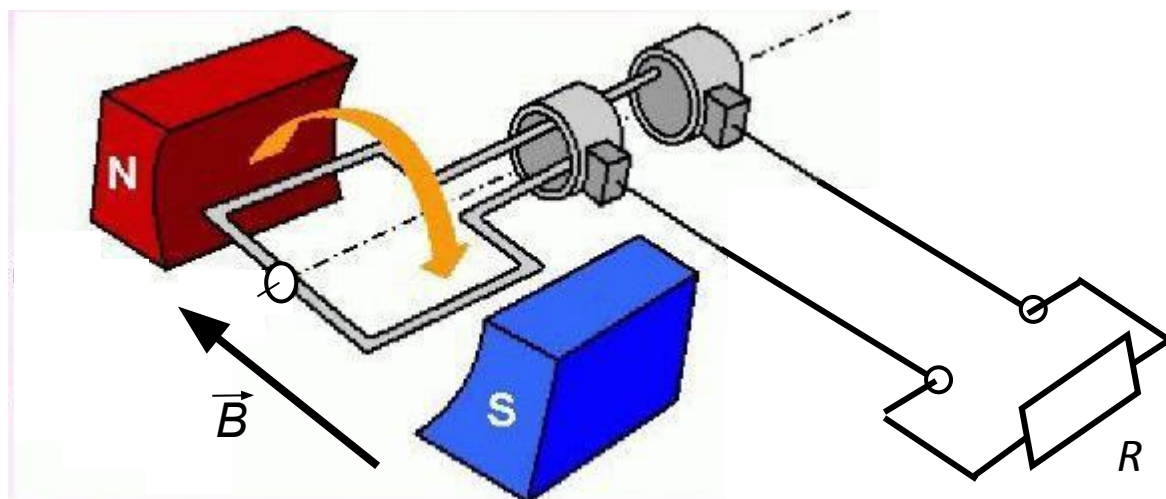


Переменный ток – электрический ток, у которого заряженные частицы периодически меняют свое направление движения



$S$  – площадь рамки  
 $B$  – индукция магнитного поля  
 $\alpha$  – угол между вектором  $B$  и перпендикуляром (нормалью) к плоскости рамки  
 $\Phi$  – магнитный поток, пронизывающий рамку  
 $E$  – ЭДС самоиндукции

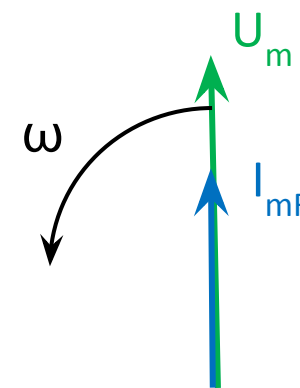
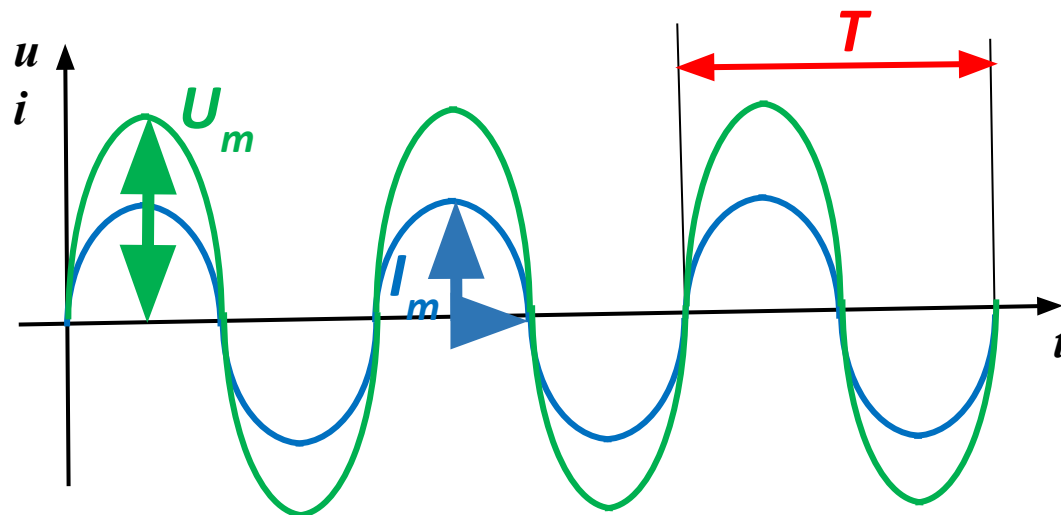
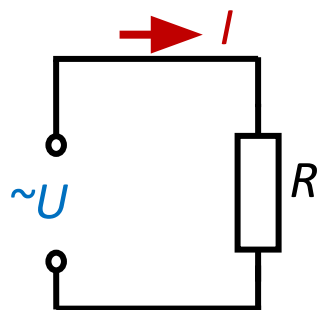
$$\Phi = BS \cos\alpha = BS \cos\omega t$$
$$E = - \Delta B / \Delta t$$

$$e = \omega BS \sin\omega t$$
$$i = e / R = \omega BS \sin\omega t / R =$$
$$I_m \sin\omega t$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \phi_i)$$

$$e = E_m \sin(\omega t + \phi_e)$$

$$u = U_m \sin(\omega t + \phi_u)$$



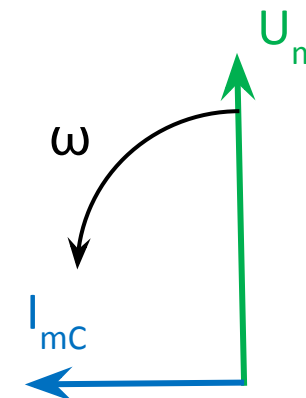
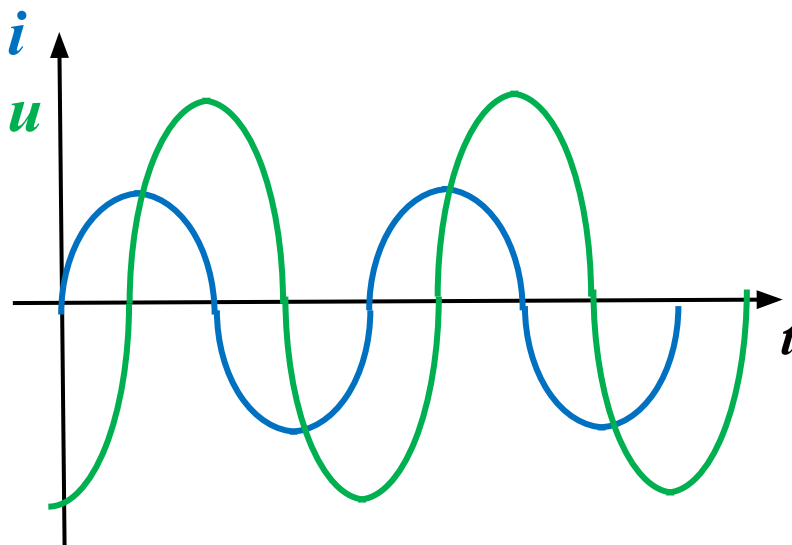
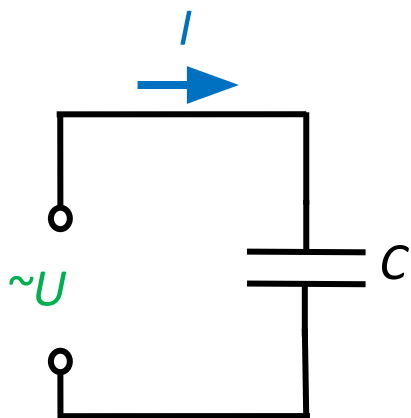
$$f = 1/T$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi/T$$

$$u = U_m \sin \omega t$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \pi / 2)$$

$$Q = C u = C U_m \sin \omega t$$



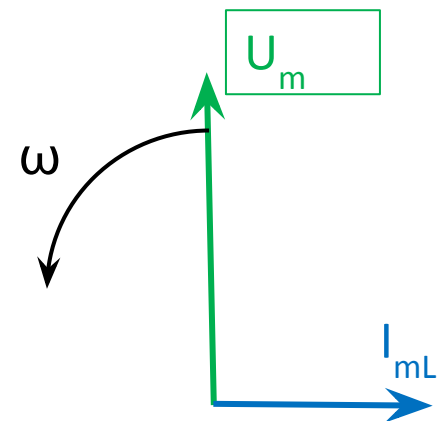
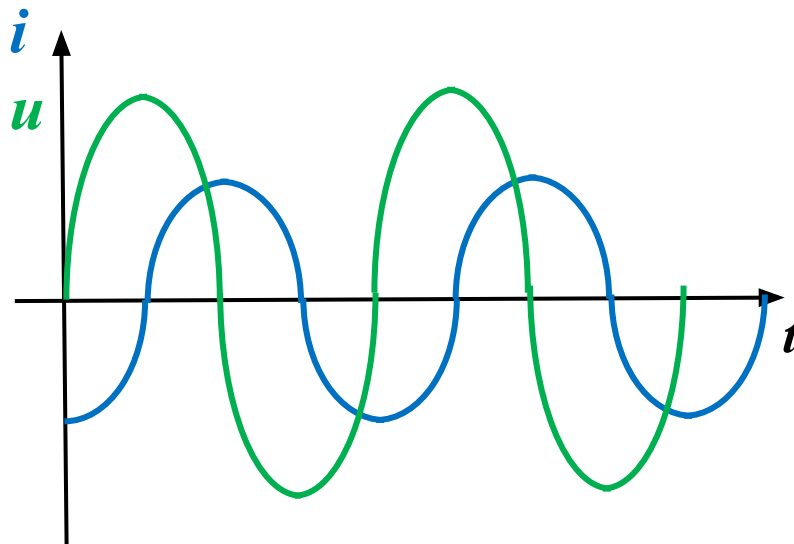
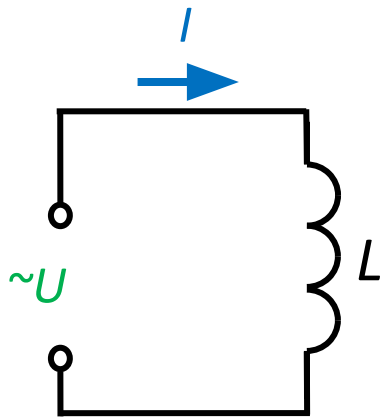
$$I_m = U_m / X_C$$

$$X_C = 1 / \omega C$$

$$E = -L \Delta I / \Delta t$$

$$i = I_m \sin \omega t$$

$$u = U_m \sin(\omega t + \pi / 2)$$

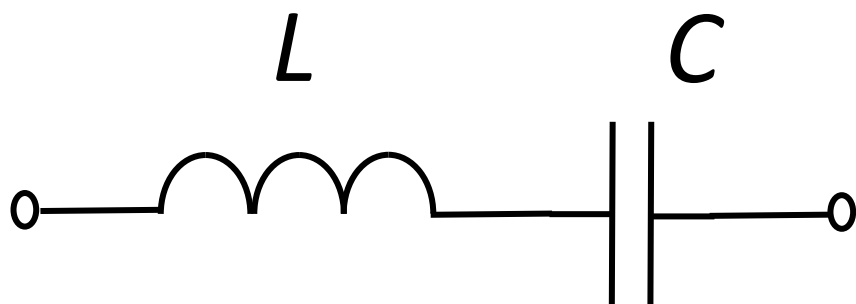


$$I_m = U_m / X_L$$

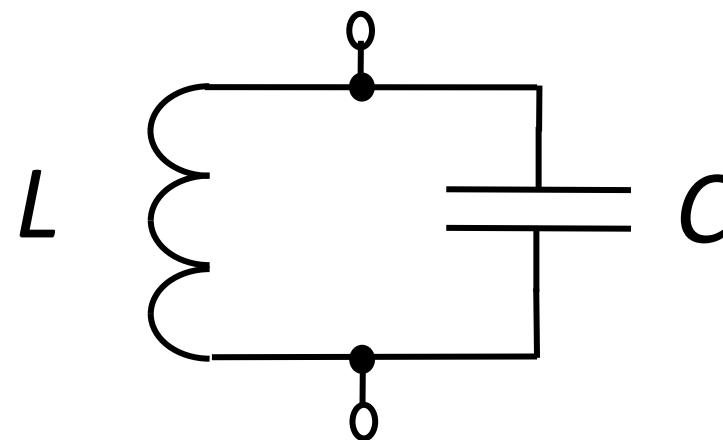
$$X_L = \omega L$$

Электромагнитные колебания – периодические взаимосвязанные изменения зарядов, токов, напряжений, напряженности электрического поля и т.д.

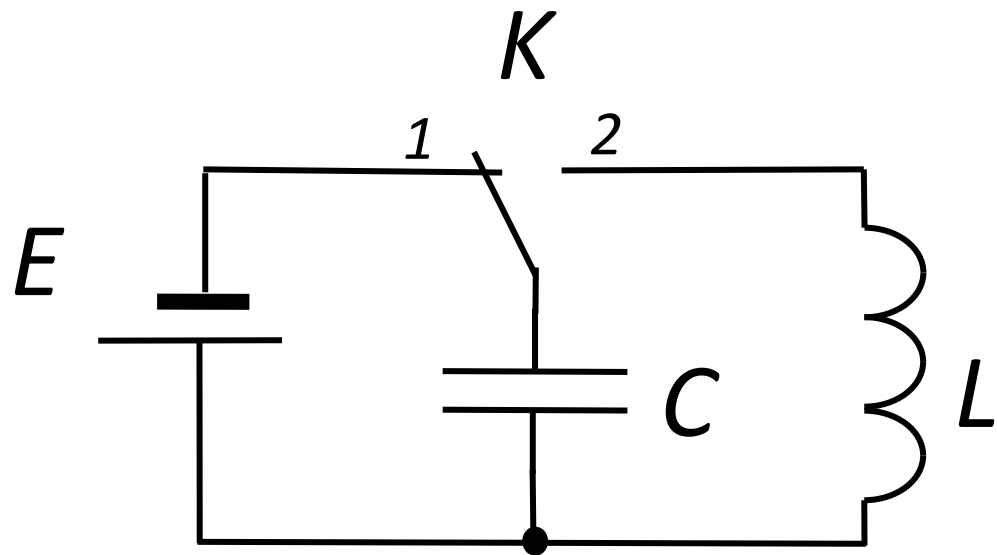
Колебательный контур – электрическая цепь, состоящая из соединенных конденсатора и катушки индуктивности



Последовательный колебательный контур



Параллельный колебательный контур

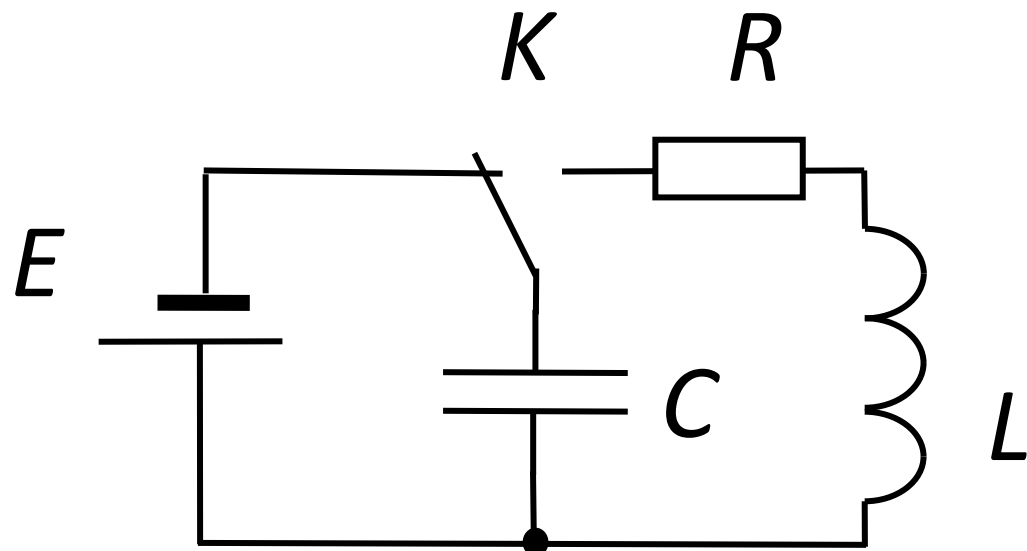


$$W_{\text{эл}} = CU^2 / 2$$

$$W_{\text{м}} = LI^2 / 2$$

$$T = 2\pi \sqrt{LC}$$

$$\omega = 1 / \sqrt{LC}$$



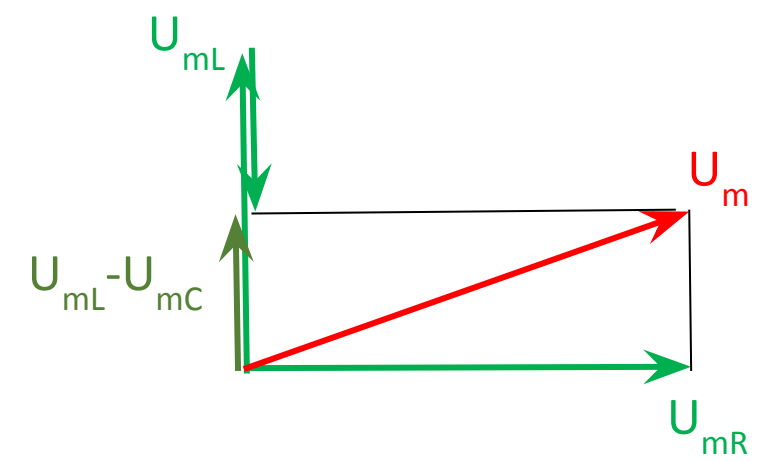
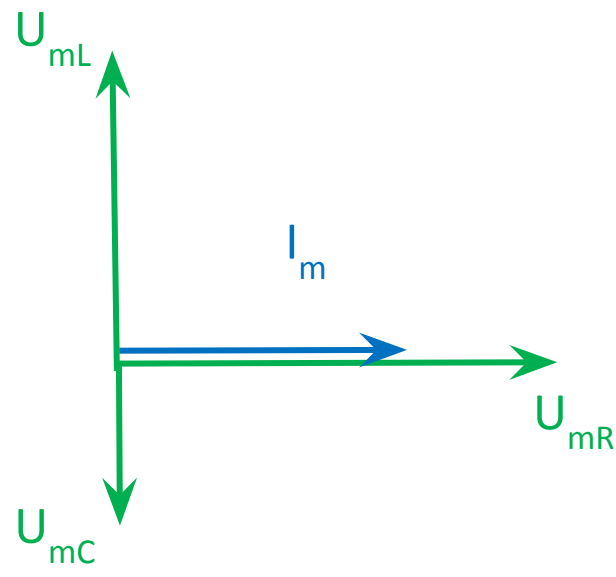
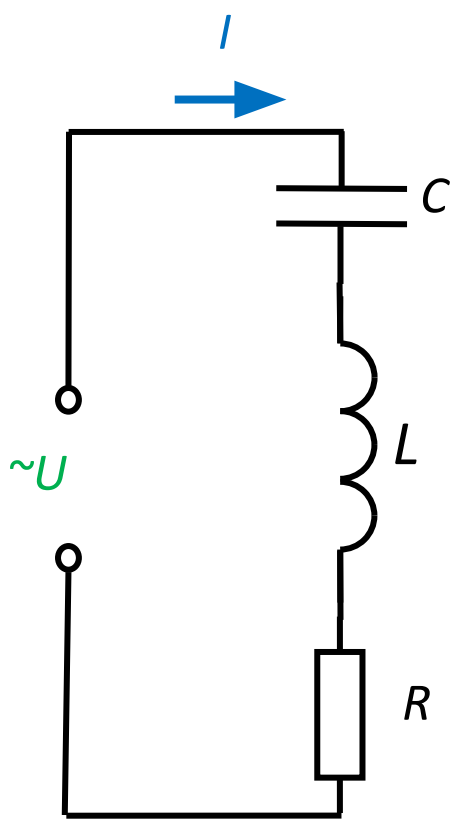
$$Q_t = Q_0 e^{-\delta t}$$

$$\delta = R / 2L$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$$

$$T = 2\pi / \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$$

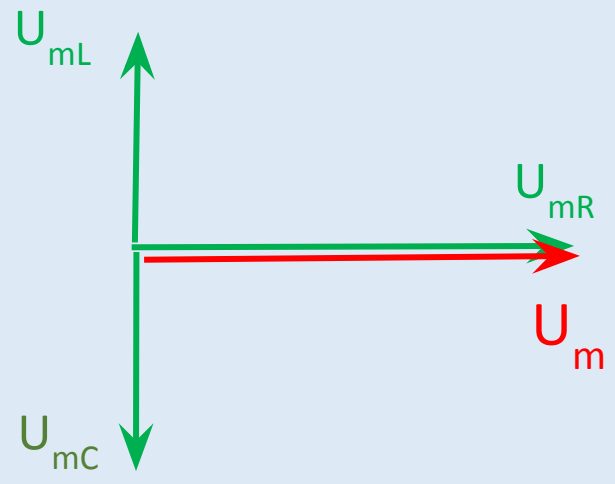
# Полное сопротивление цепи



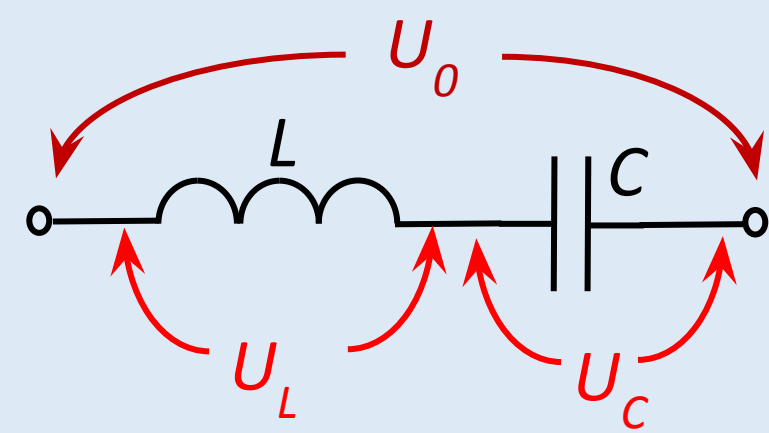
$$U_m = \sqrt{U_{mR}^2 + (U_{mL} - U_{mC})^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$



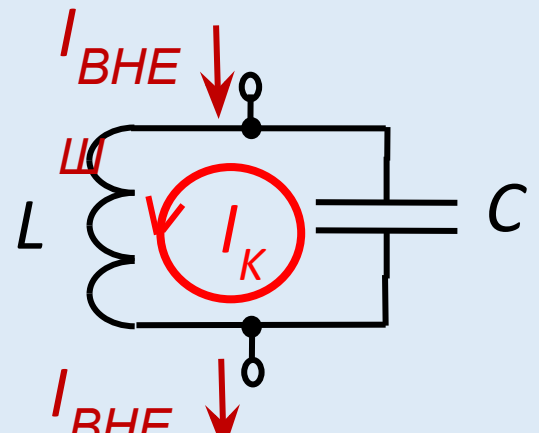


A phasor diagram showing the relationship between voltages in a series RLC circuit at resonance. The total voltage  $U_m$  is represented by a red arrow pointing to the right. The voltage across the resistor  $U_{mR}$  is also a red arrow pointing to the right, overlapping with  $U_m$ . The voltage across the inductor  $U_{mL}$  is a green arrow pointing upwards, and the voltage across the capacitor  $U_{mC}$  is a green arrow pointing downwards. The two green arrows are equal in length and opposite in direction, indicating they cancel each other out.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2} = R$$
$$I_m = U_m / R$$


A series circuit diagram with an inductor  $L$  and a capacitor  $C$ . A red arrow labeled  $U_0$  indicates the total voltage across the series combination. Red curved arrows below the components indicate the voltage drops  $U_L$  across the inductor and  $U_C$  across the capacitor. Below the diagram, the conditions for voltage resonance are stated:  $U_L \gg U_0$  and  $U_C \gg U_0$ .

Резонанс напряжений



A parallel circuit diagram with an inductor  $L$  and a capacitor  $C$ . Red arrows labeled  $I_{ВНЕ}$  (with 'Ш' below) indicate the current entering and leaving the circuit. A red circle with a clockwise arrow inside the inductor branch is labeled  $I_K$ , representing the circulating current. To the right of the diagram, the condition for current resonance is stated:  $I_K \gg I_{ВНЕШ}$ .

Резонанс токов

Мощность постоянного тока:  $P = UI = I^2 R$

Активная мощность переменного тока:  $P = UI \cos \phi$ ,

$\phi$  – угол сдвига фазы между  $U$  и  $I$

Реактивная мощность переменного тока:  $Q = UI \sin \phi$

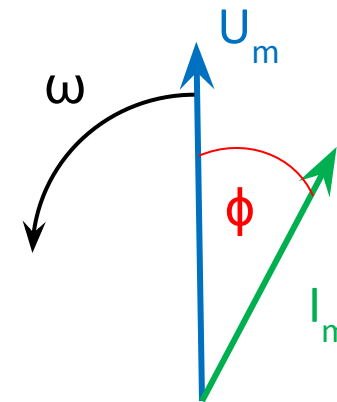
Полная мощность переменного тока:  $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Мгновенная мощность переменного тока:  $p = U_m \sin \omega t * I_m \sin \omega t = U_m I_m \sin^2 \omega t$

Средняя за период мощность переменного тока:  $P_{CP} = U_m I_m / 2$ , т.к.  $\int_0^{2\pi} \sin^2 \omega t = 1/2$

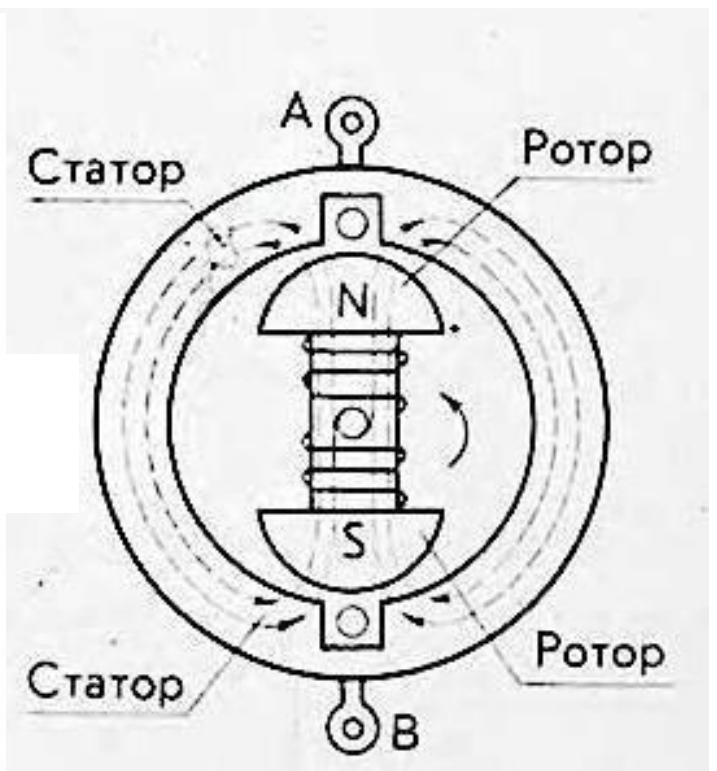
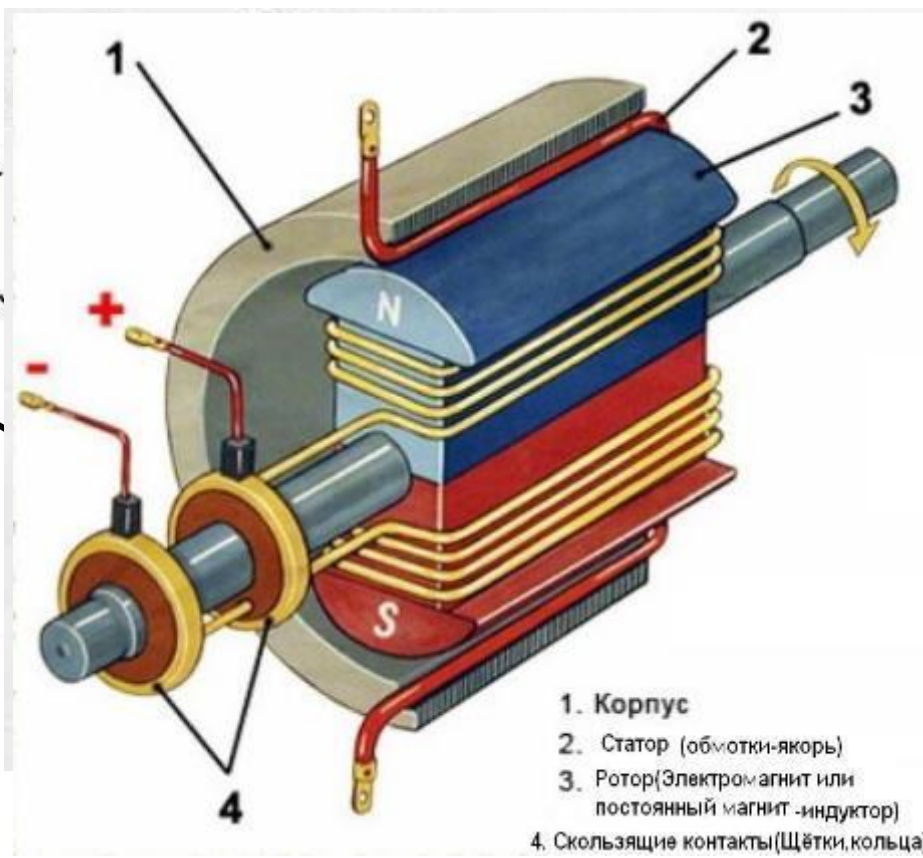
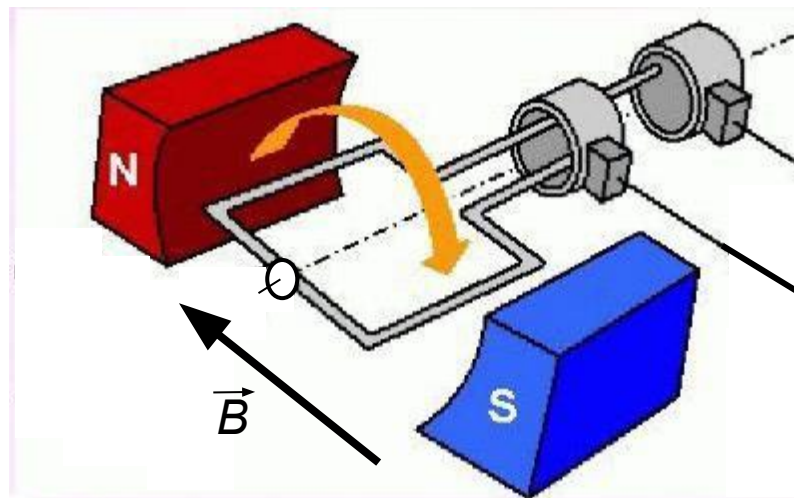
Действующее (эффективное) значение силы тока:  $I_{эф} = I_m / \sqrt{2}$

Действующее (эффективное) значение напряжения:  $U_{эф} = U_m / \sqrt{2}$ ,

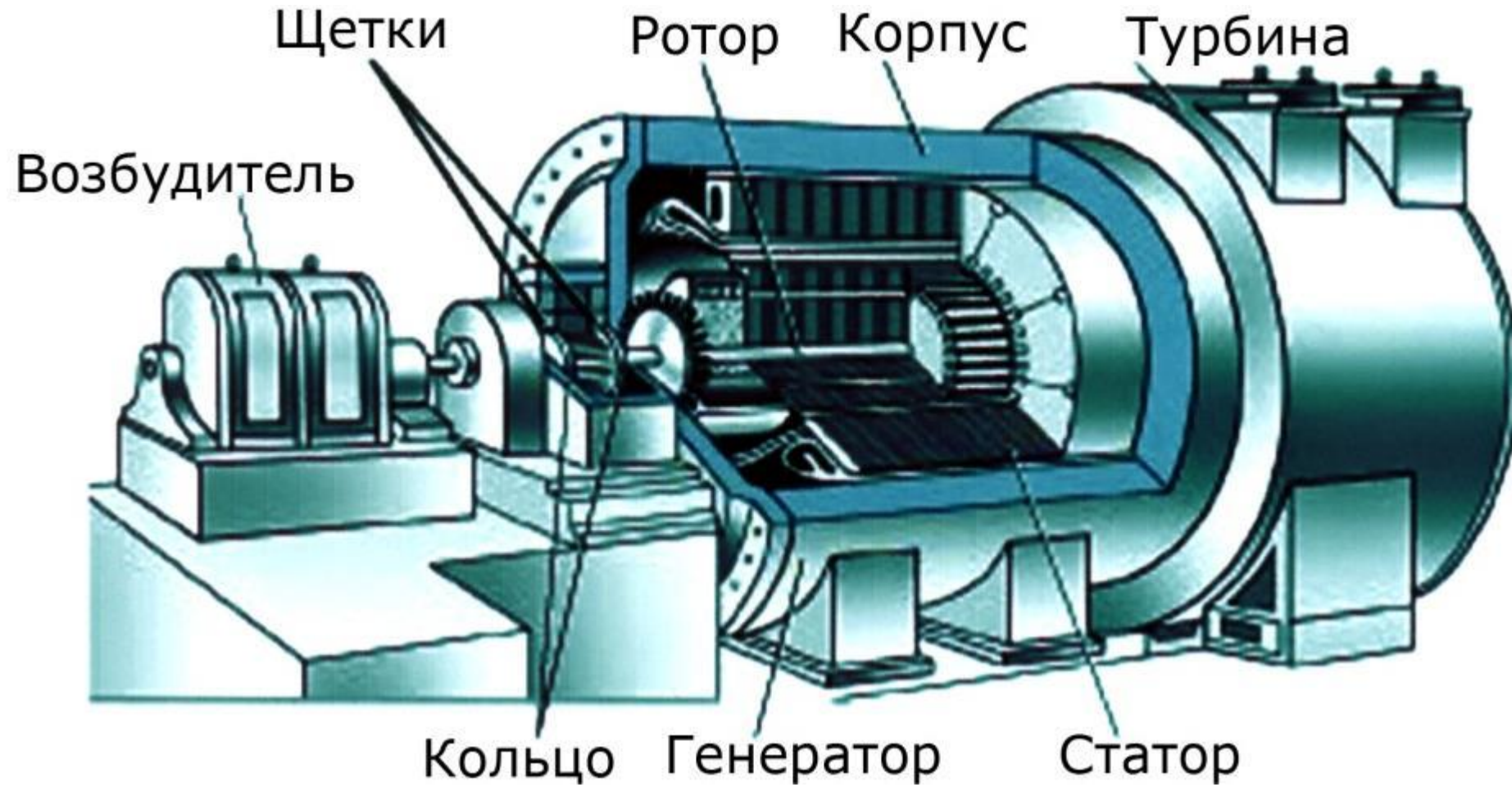


$\cos \phi$  – коэффициент мощности

## Принцип работы генератора переменного тока основан на законе электромагнитной индукции



## Промышленный генератор



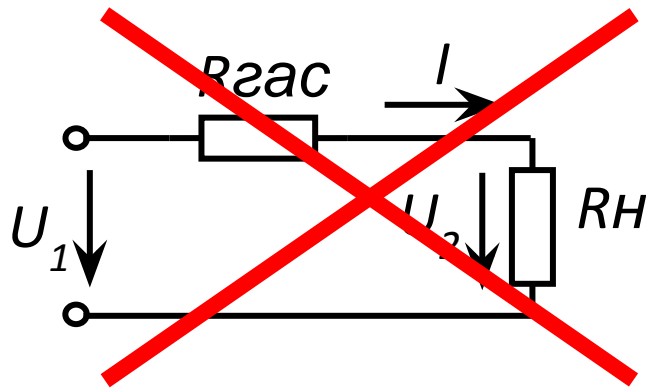
## Задача

$$U_1 = \sim 220 \text{ В}$$



$$U_2 = \sim 12 \text{ В} \quad I = 1 \text{ А}$$

## Решение



$R_{гас}$  -

?

$$U_{гас} = 220 \text{ В} - 12 \text{ В} = 208 \text{ В}$$

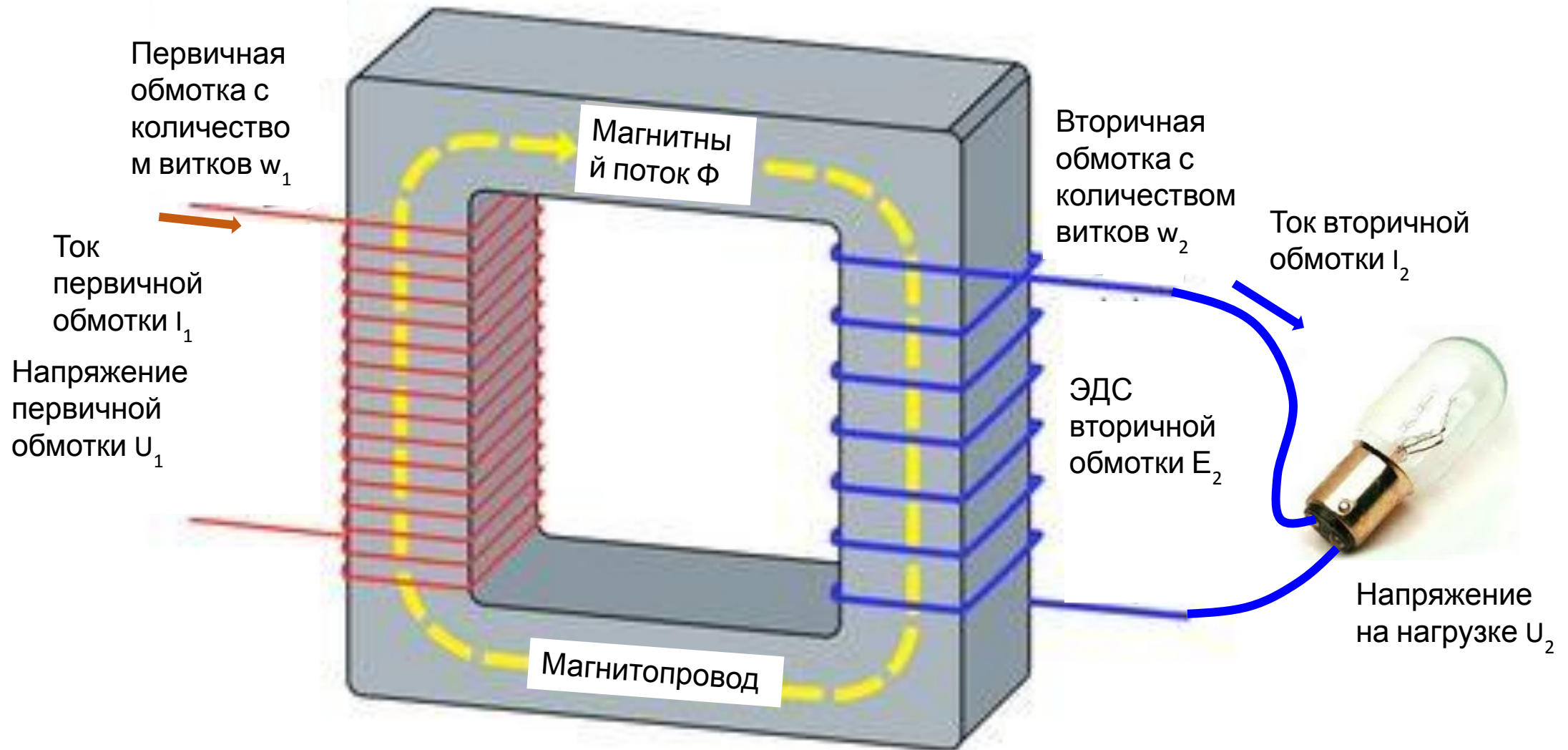
$$R_{гас} = U_{гас} / I = 208 \text{ В} / 1 \text{ А} = 208 \text{ Ом}$$

$$P_1 = U_1 * I = 220 \text{ В} * 1 \text{ А} = 220 \text{ Вт}$$

$$P_2 = U_2 * I = 12 \text{ В} * 1 \text{ А} = 12 \text{ Вт}$$

$$P_{гас} = U_{гас} * I = 208 \text{ В} * 1 \text{ А} = 208$$

Вт

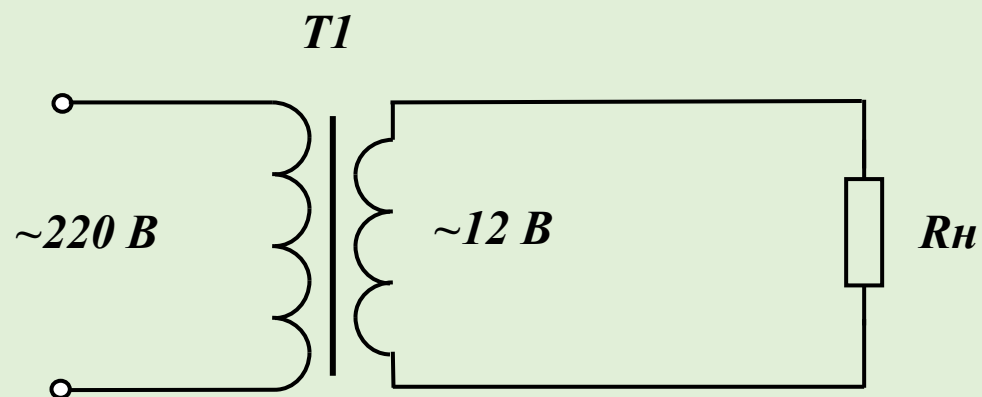


**Электромагнитная индукция** — явление возникновения электрического тока, электрического поля или электрической поляризации при изменении во времени **магнитного** поля или при движении материальной среды в **магнитном** поле.

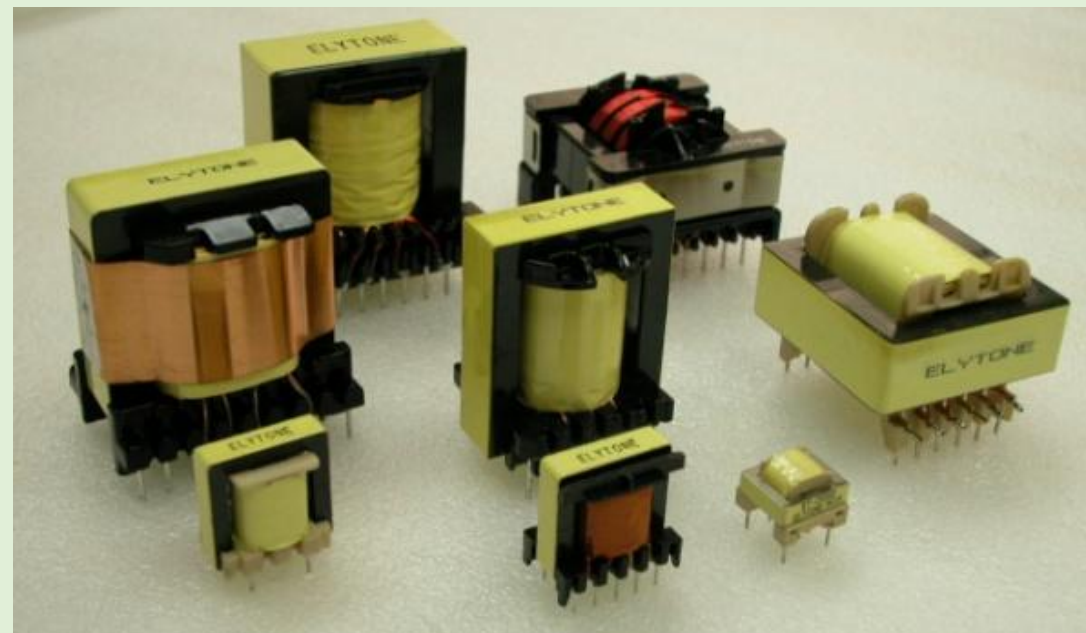
$$E_1 = -w_1 \Delta\Phi / \Delta t$$

$$E_2 = -w_2 \Delta\Phi / \Delta t$$

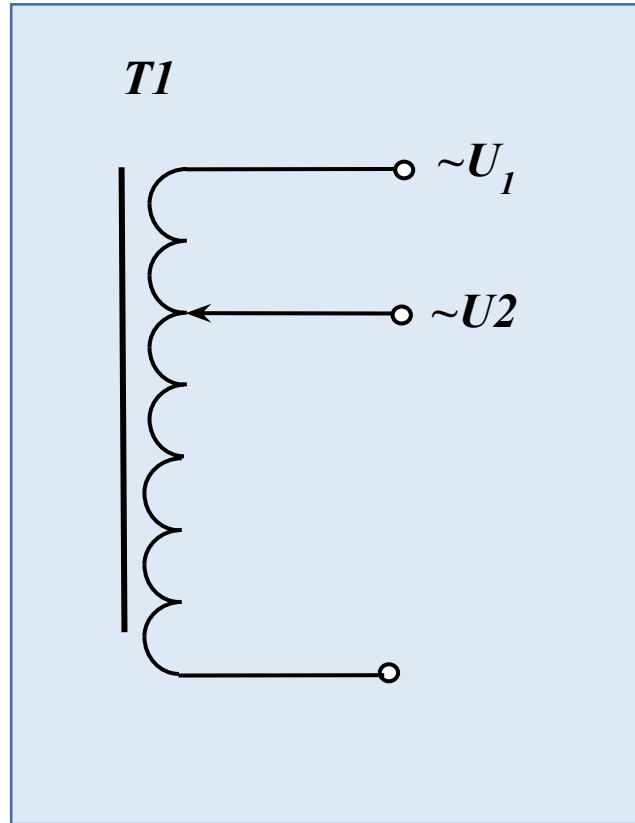
$$E_2 / E_1 = w_2 / w_1$$



Принципиальная электрическая схема



Внешний вид трансформаторов



Условное графическое  
обозначение



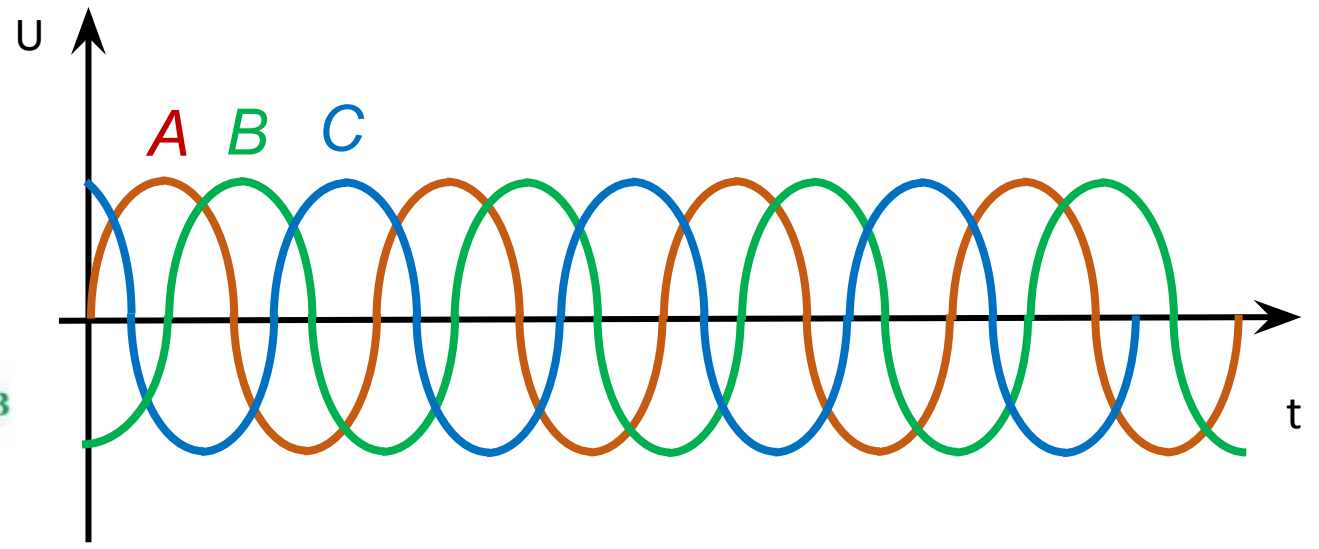
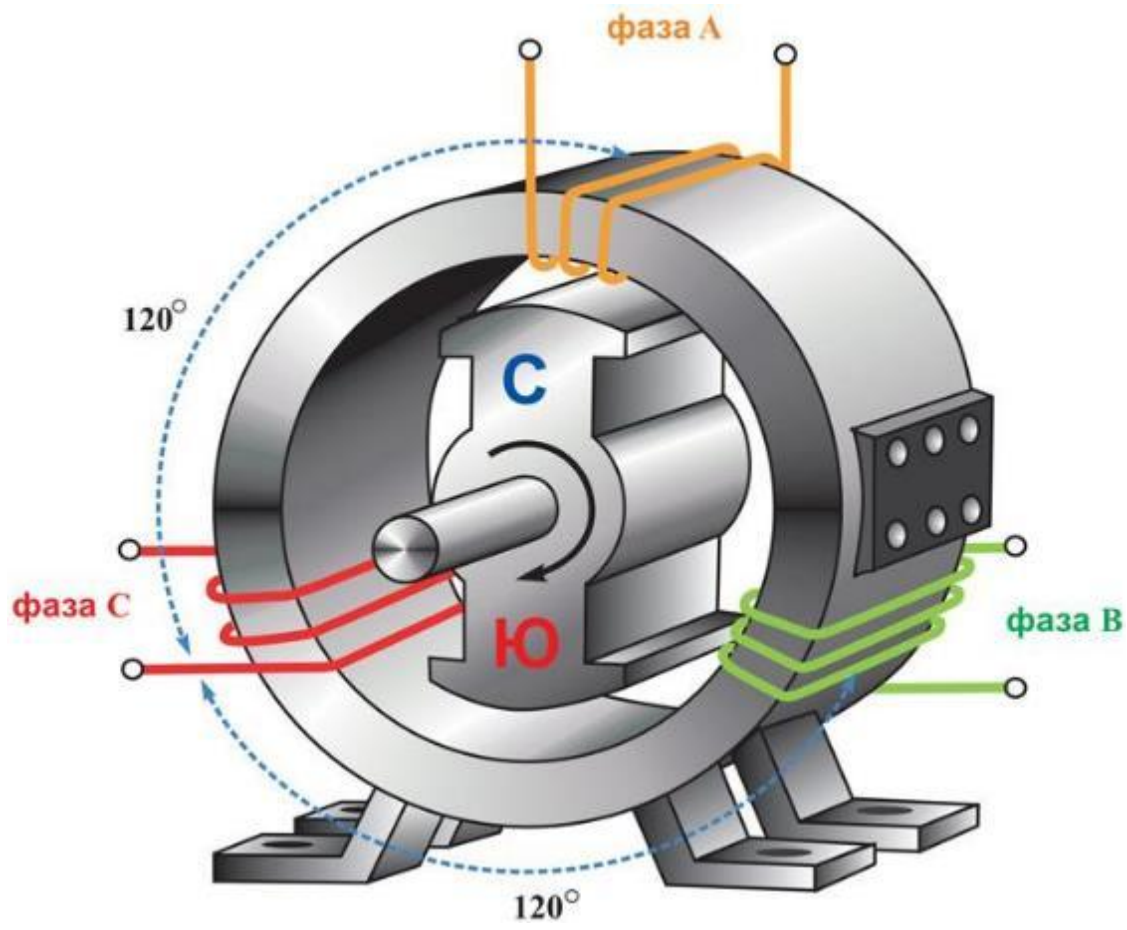
ЛАТР



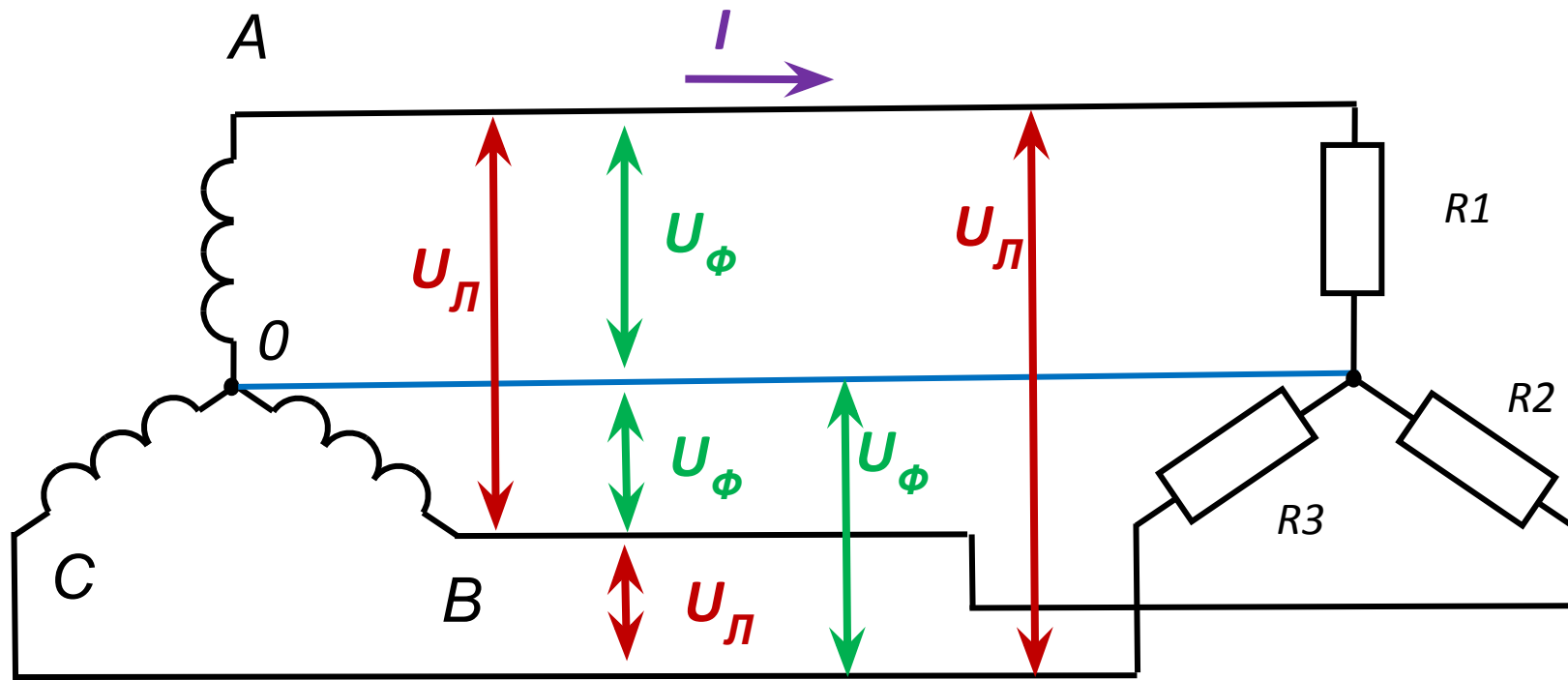
Промышленный  
автотрансформатор



# Генератор трехфазного тока



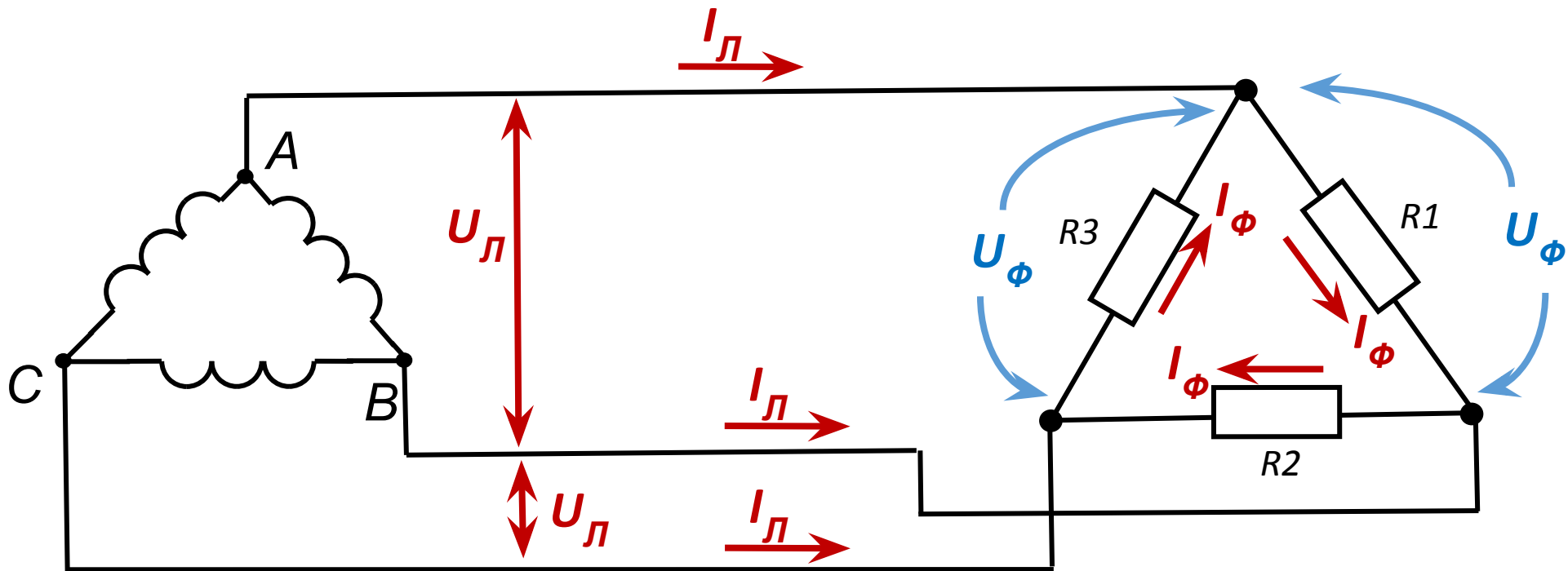
## Соединение звездой



$$I_L = I_\phi$$

$$U_L = \sqrt{3} U_\phi$$

Соединение треугольником



$$U_L = U_\phi \quad I_L = \sqrt{3} I_\phi$$

## ГЭС



- + Низкая себестоимость электроэнергии
- + Использование возобновляемой энергии
- + Простота управления
- + Быстрый выход на рабочий режим
- + Экологическая чистота
- Привязанность к водоемам
- Возможное затопление пахотных земель
- Пагубное влияние на экосистему рек
- Возможность строить только на равнинных реках (из-за сейсмической опасности гор).

## ТЭС



- + Малые финансовые затраты
- + Высокая скорость строительства;
- + Возможность стабильной работы вне зависимости от сезона
- Работа на невозобновляемых ресурсах
- Медленный выход на рабочий режим
- Получение отходов

## АЭС



- + Экологическая чистота
- + Независимость от источников топлива
- Тяжелые последствия в случае аварийных ситуаций

Дизельные, солнечные, приливные, ветровые, геотермальные электростанции

