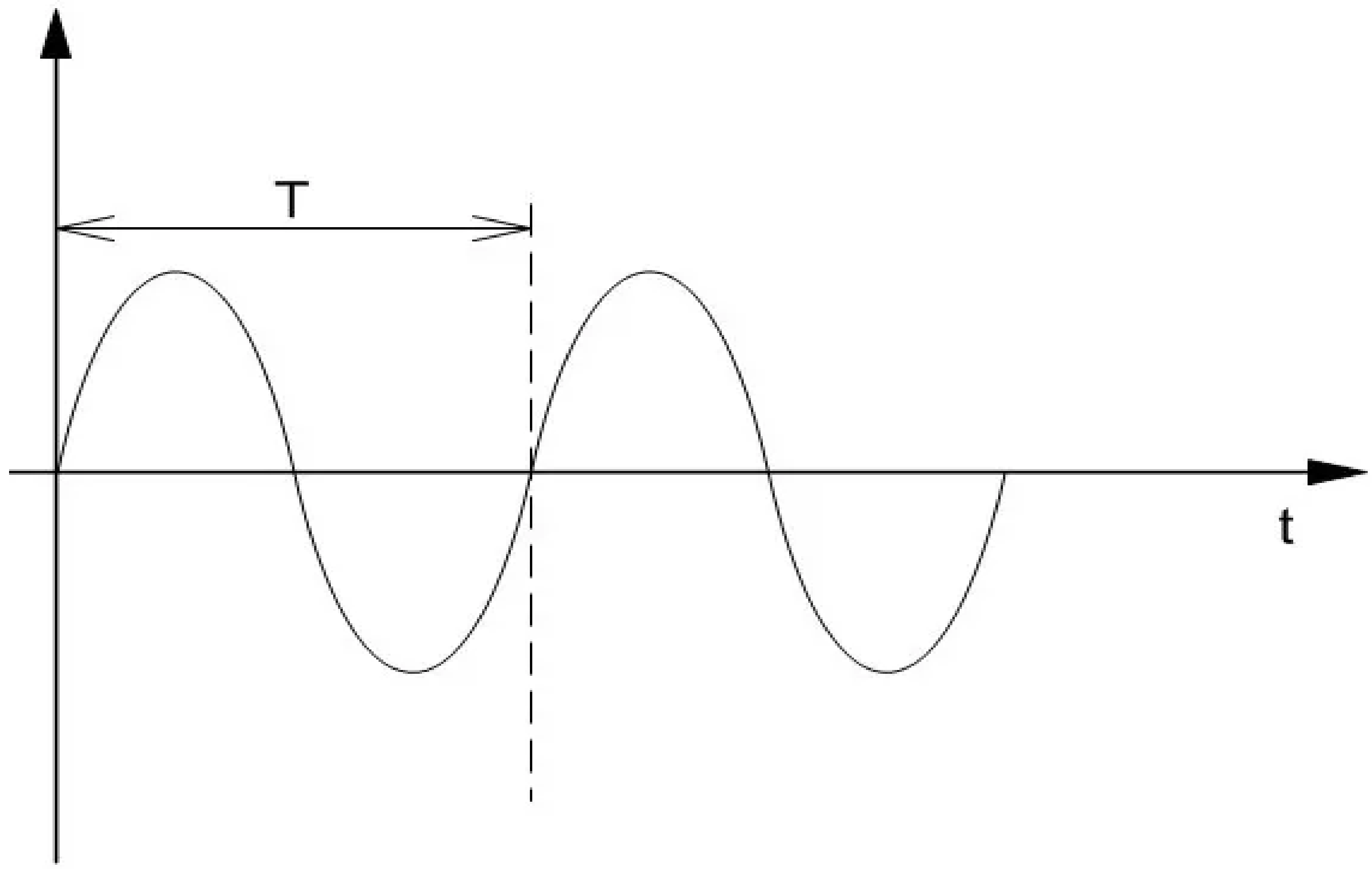
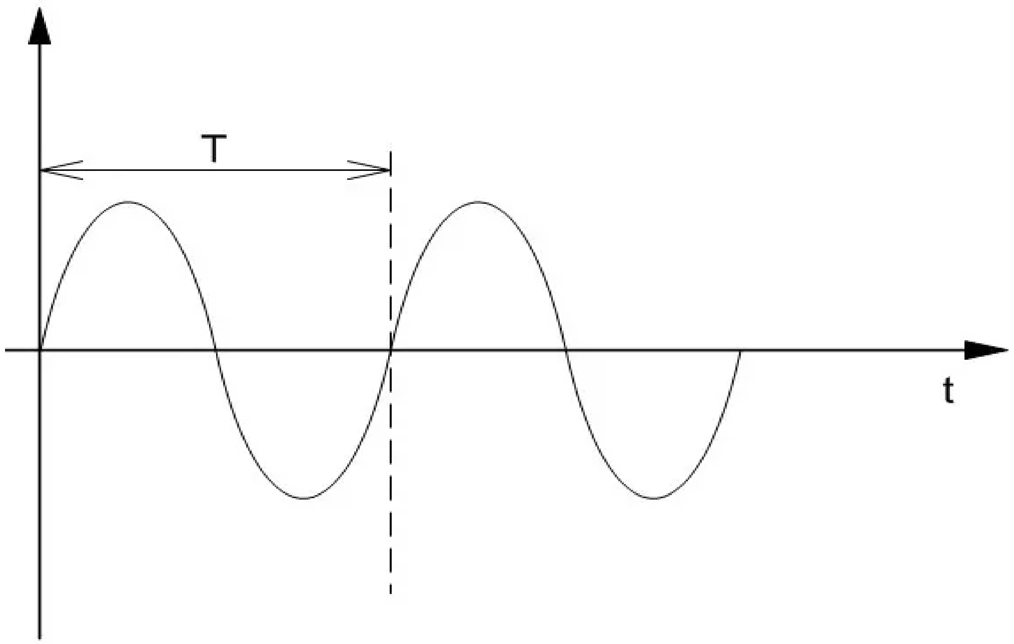
Электротехника, электроника и схемотехника

Контрольная работа

Расчет линейных электрических цепей с синусоидальным источником ЭДС

Цепи синусоидального тока





$$e = E_m \sin(\varpi t + \psi_e) \qquad i = I_m \sin(\varpi t + \psi_i) \qquad u = U_m \sin(\varpi t + \psi_u)$$

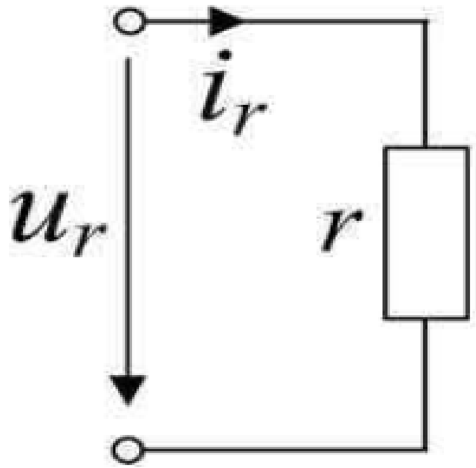
е – мгновенное значение ЭДС; Em-амплитудное значение или максимальное значение за период; (скобка в целом)- фаза состояния колебания; ω – угловая частота, ψ- начальная фаза колебания.

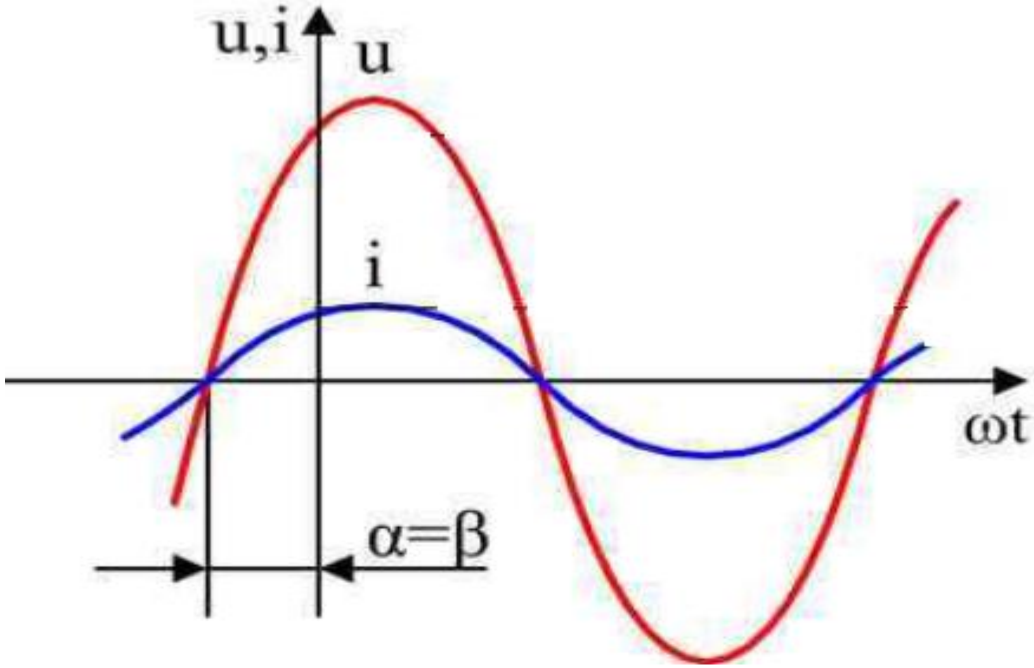
$$\varpi = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

Синусоидальный ток и напряжение на элементах цепи

$$\begin{cases} u = U_m \sin(\omega t + \beta); \\ i = I_m \sin(\omega t + \alpha). \end{cases}$$

Активное сопротивление





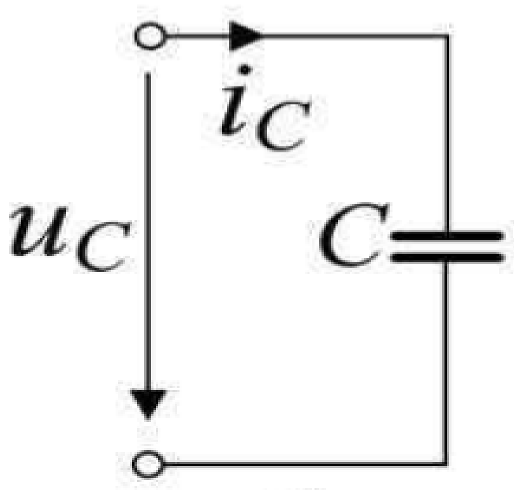
Реактивное сопротивление

Индуктивное

Ёмкостное

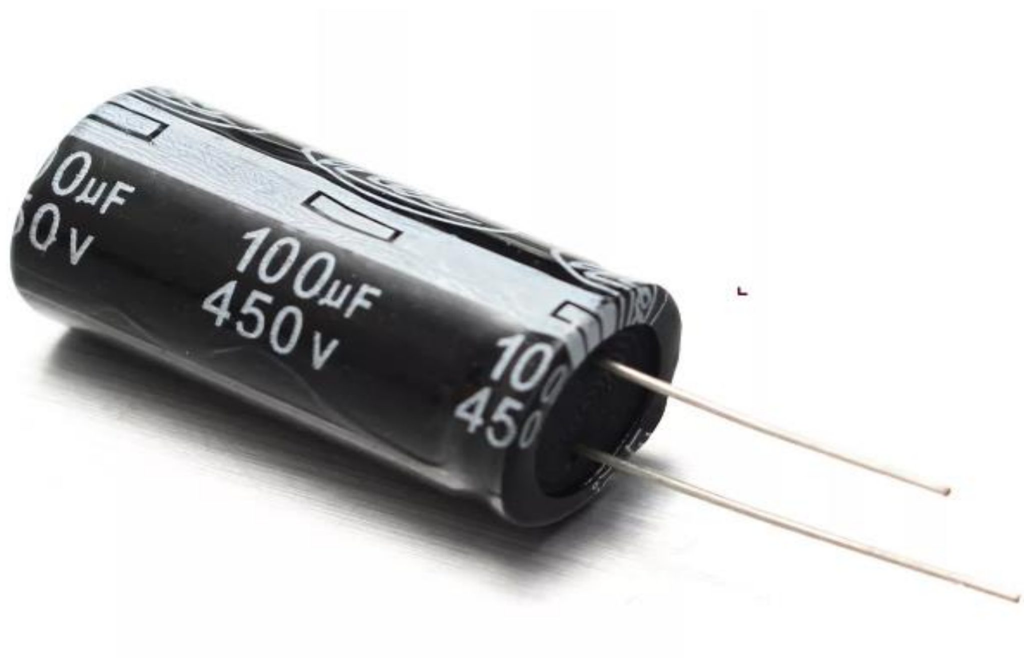
Ёмкостное

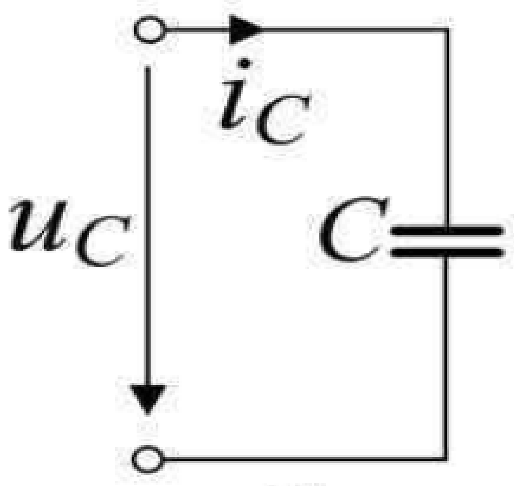
Ёмкость

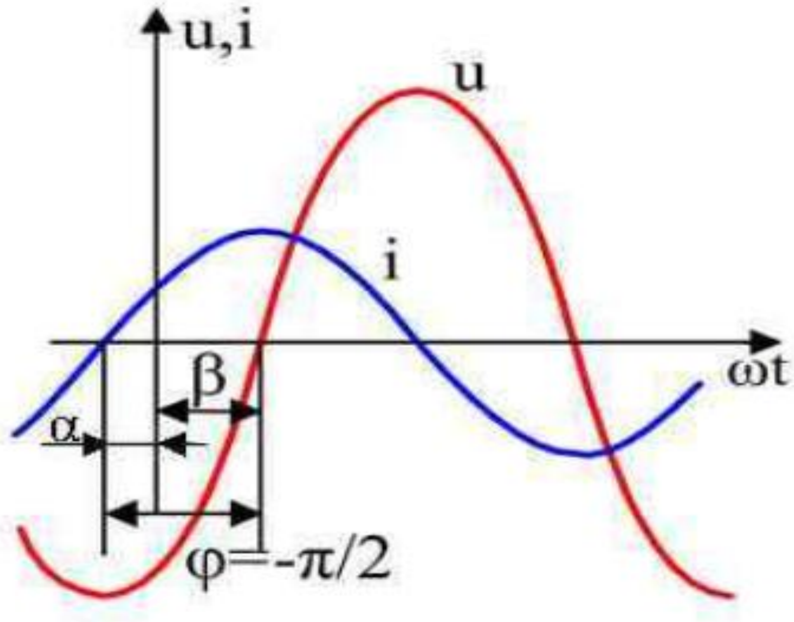


$$x_C = \frac{1}{\varpi C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

конденсатор



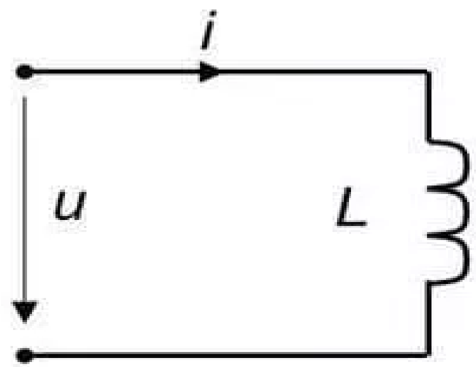




Временная
диаграмма

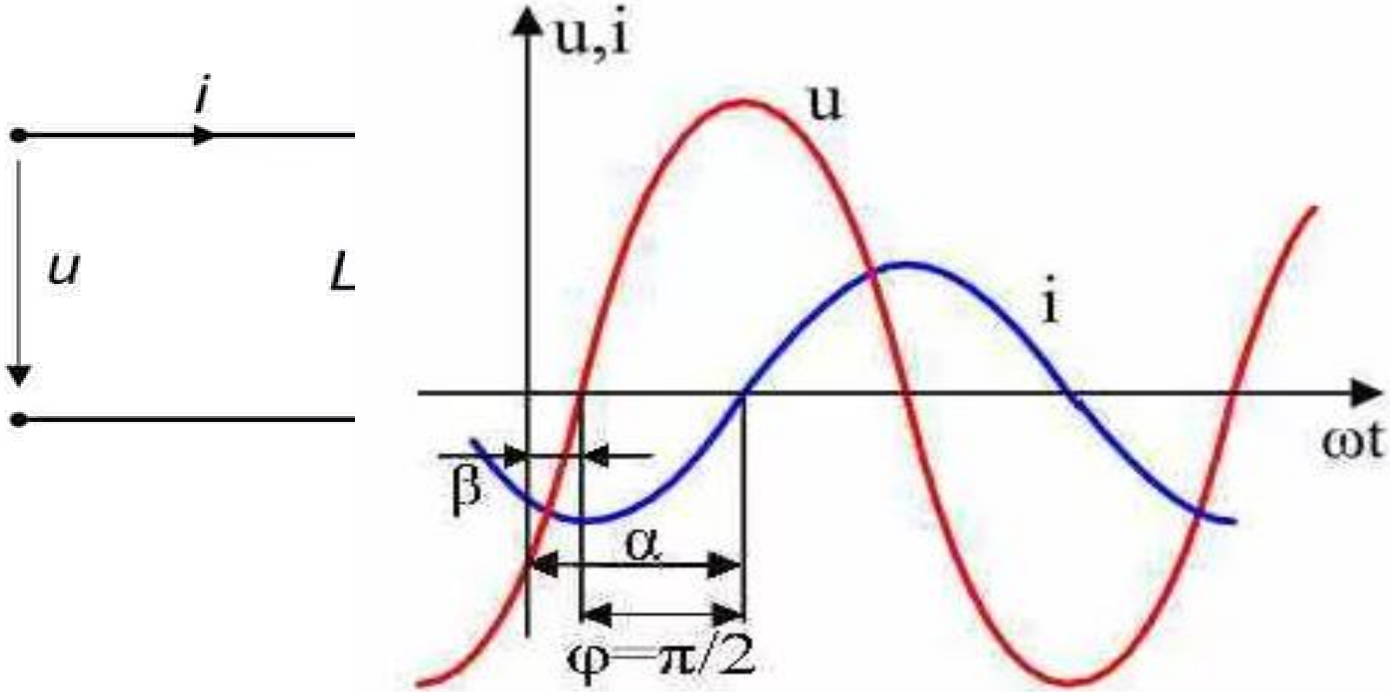
Индуктивное

Индуктивность



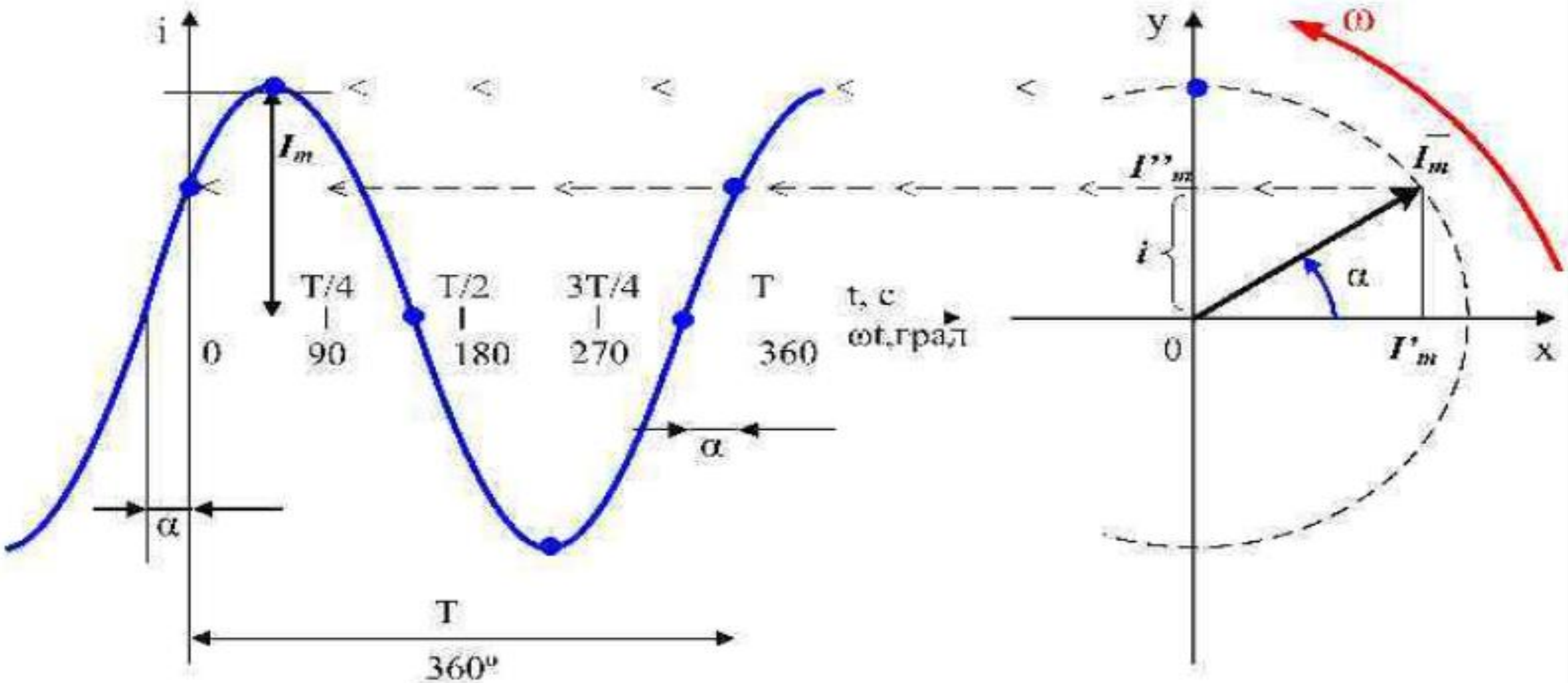
$$x_L = \varpi L = 2\pi f L$$

Катушка индуктивности



Временная диаграмма

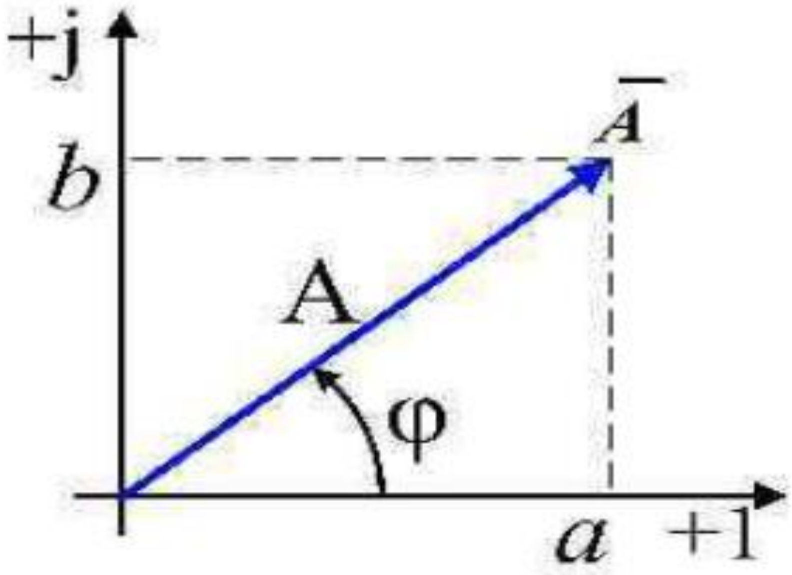
Комплексные числа



Синусоидальная функция $i = I_m \sin(\omega t + \alpha)$
и ее представление вращающимся вектором

Комплексные числа

$$\sqrt{-1} = j$$



Алгебраическая форма записи

$$\dot{A} = a + jb$$

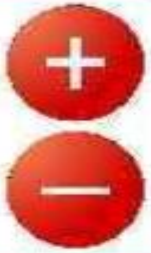
Показательная форма записи

$$\dot{A} = Ae^{j\varphi}$$

При расчетах синусоидальных режимов приходится применять **преобразование комплексных чисел,** так как:

– для операций сложения и вычитания необходима ***алгебраическая форма*** комплексных чисел,

– умножение и деление удобнее выполнять в ***показательной*** (экспоненциальной) ***форме.***



$$\mathrm{Re}\,\dot{F} + j\,\mathrm{Im}\,\dot{F}$$

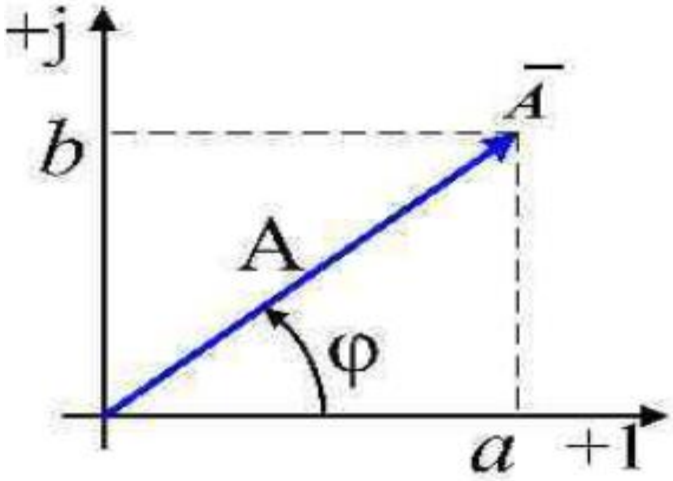
$$a + jb$$

$$\dot{F}$$

$$\left|\dot{F}\right| e^{j \arg \dot{F}}$$

$$Ae^{j\varphi}$$

Переход от алгебраической формы к показательной



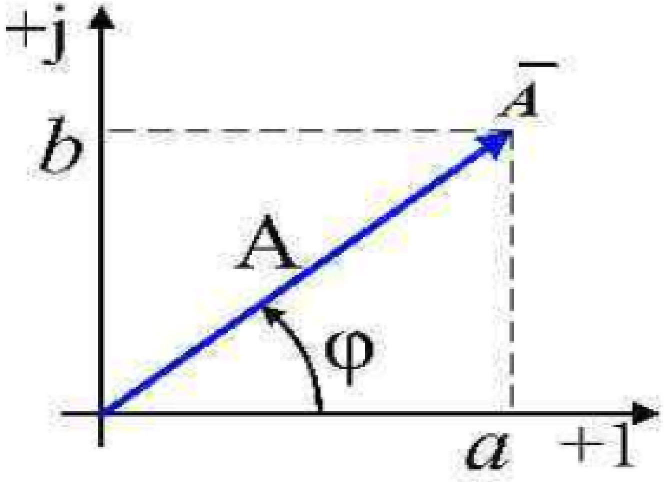
$$a + jb = Ae^{j\varphi}$$

$$\varphi = \mathrm{arctg}\frac{b}{a};\qquad A = \left|\dot{A}\right| = \sqrt{a^2 + b^2}$$

a и ***b*** вводить с их знаками!

$$-1 = 1e^{j180^\circ} = 1e^{-j180^\circ}$$

Переход от показательной формы к алгебраической



$$Ae^{j\varphi} = a + jb$$

$$a = A\cos\varphi; \quad b = A\sin\varphi$$

Переключатель должен стоять в положении **DEG**, а не GRAD или RAD

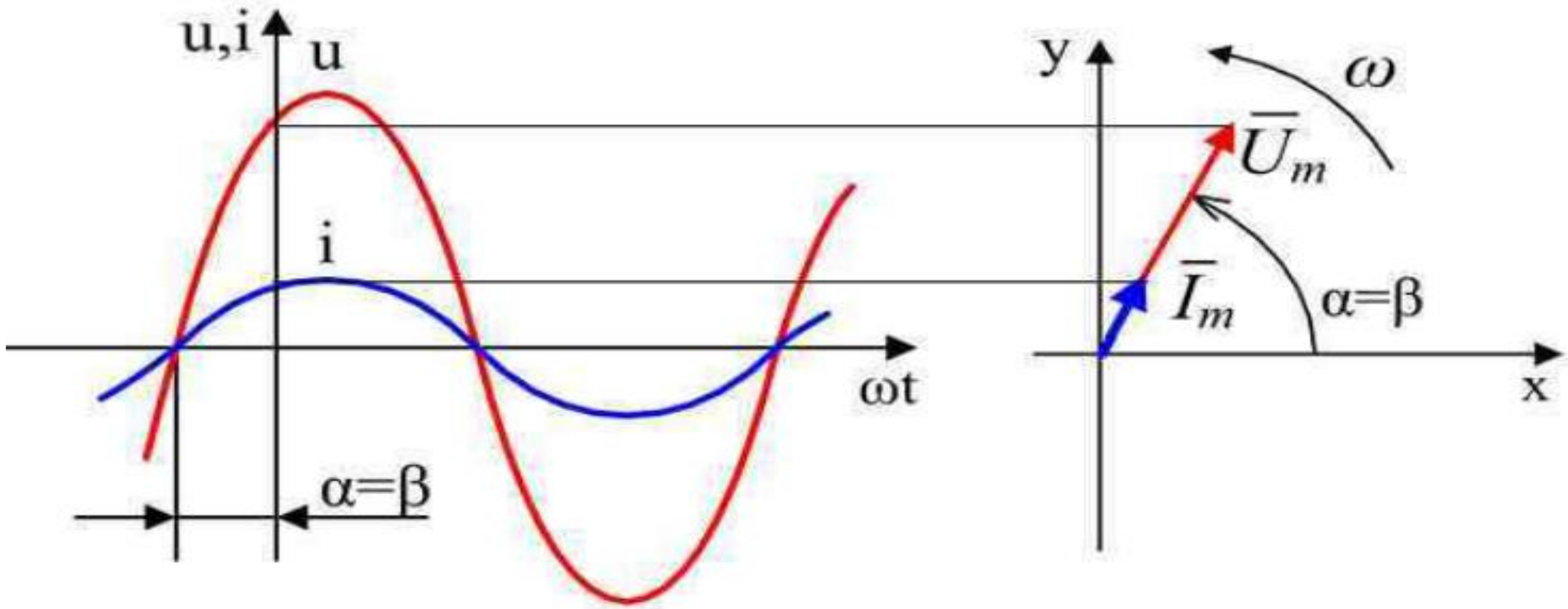
$$(a+jb)+(c+jd)=(a+c)+j(b+d)=Fe^{j\gamma}$$

$$Ae^{j\alpha}Be^{j\beta}=ABe^{j(\alpha+\beta)}$$

$$\frac{Ae^{j\alpha}}{Be^{j\beta}}=\frac{A}{B}e^{j(\alpha-\beta)}$$

$$\sqrt{Ae^{j\alpha}}=\sqrt{A}e^{j\frac{\alpha}{2}}$$

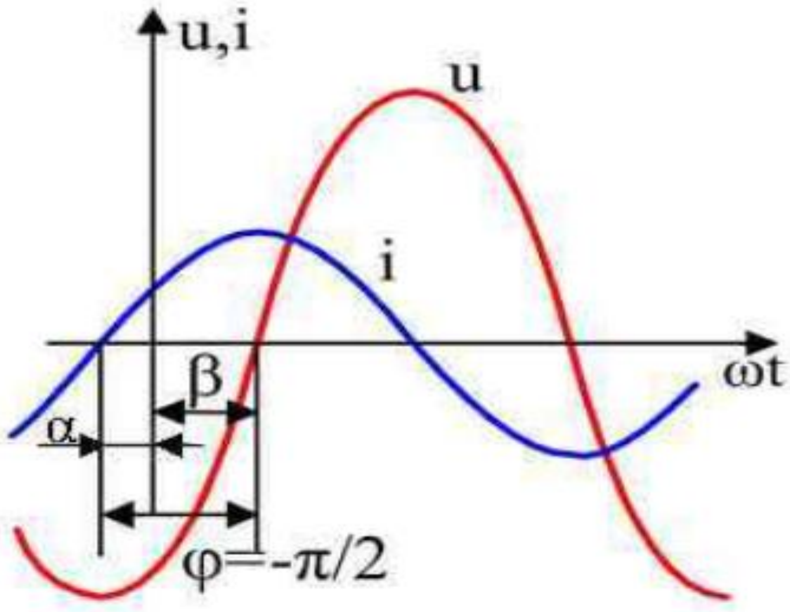
Активное сопротивление



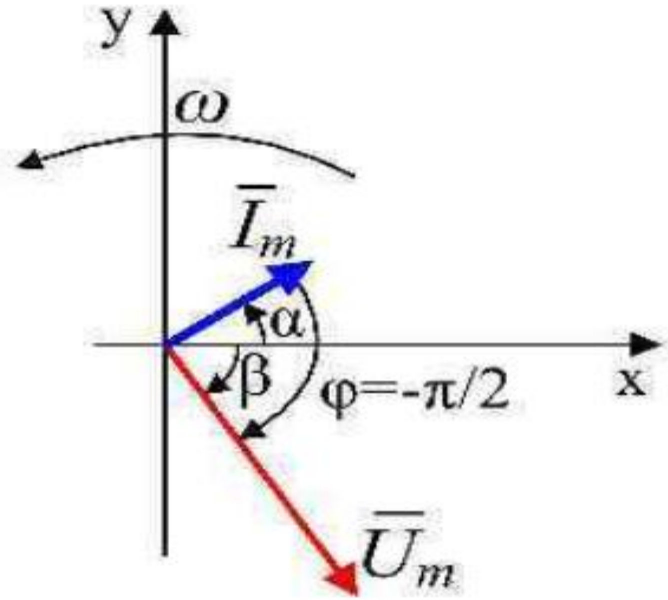
Временнáя диаграмма
(мгновенные значения)

Векторная диаграмма

Ёмкость

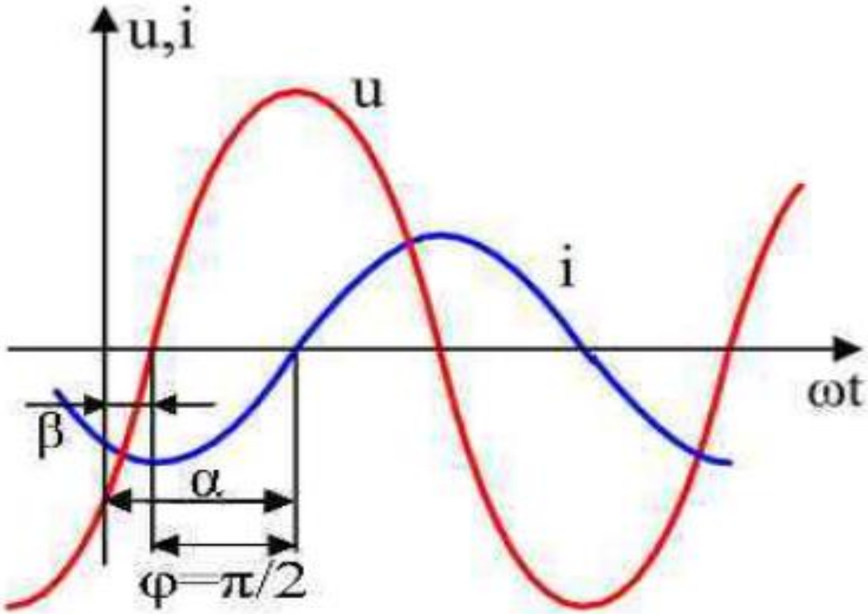


Временная диаграмма

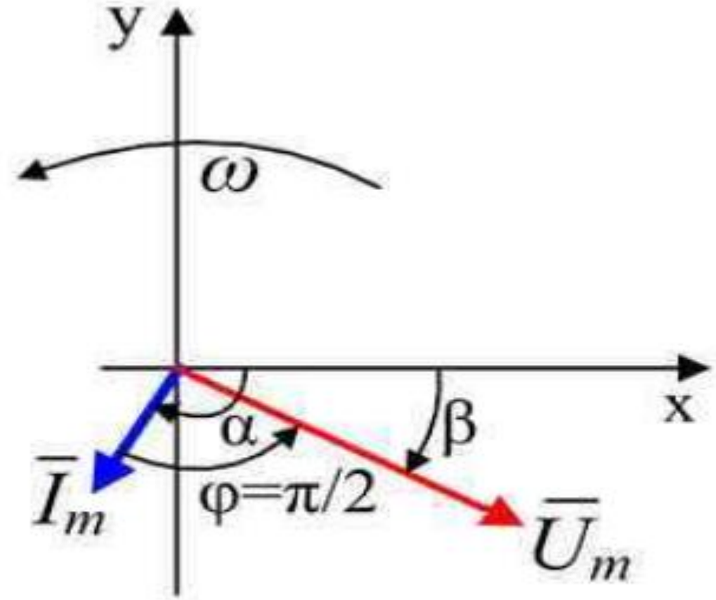


Векторная диаграмма

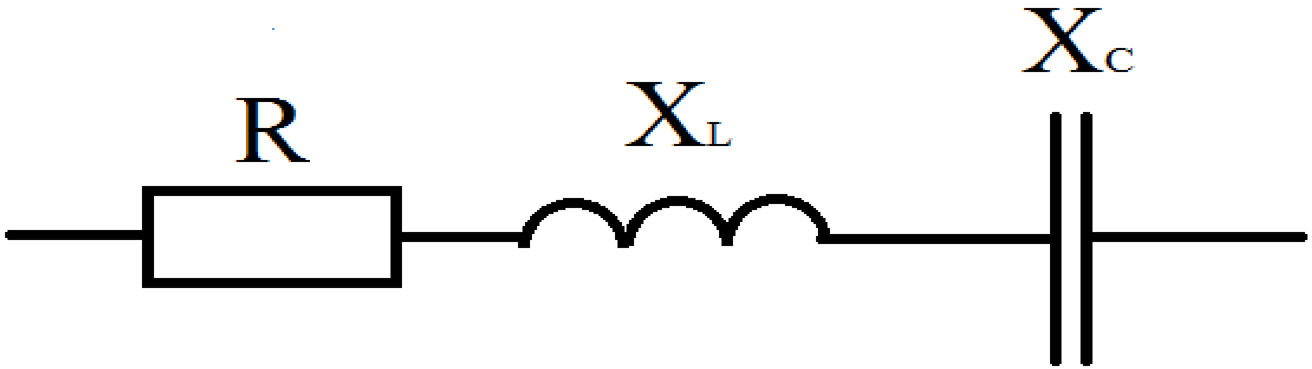
Индуктивность



Временная диаграмма



Векторная диаграмма



$$\dot{A} = a + jb$$

$$\dot{Z} = R + j(X_L - X_C)$$

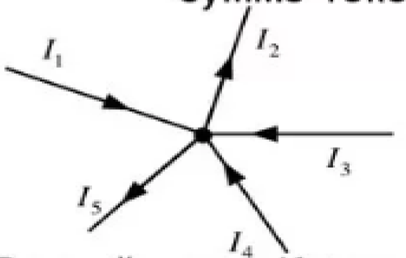
Законы Кирхгофа

Первый закон Кирхгофа применяется к **узлам** электрической схемы и выражает баланс токов.

Первый закон Кирхгофа имеет две формулировки.

$$\sum_{k=1}^{K} \pm I_k = 0$$

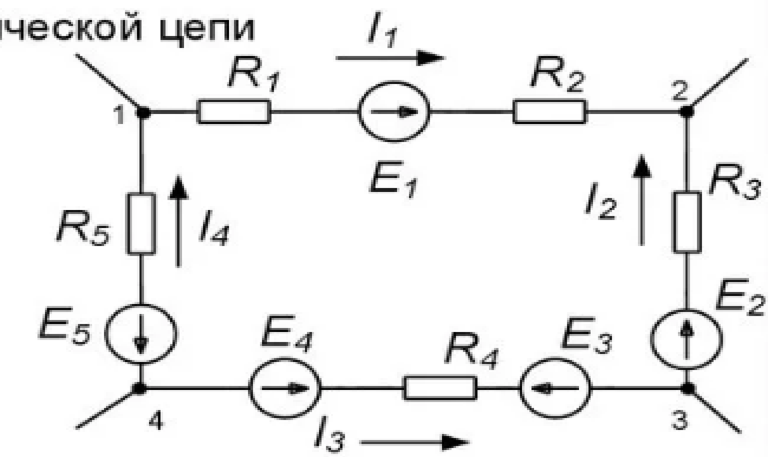
1) Алгебраическая сумма токов в узле равна нулю.
2) Арифметическая сумма токов, которые втекают в узел равна сумме токов, которые вытекают из узла.



$$I_1 - I_2 + I_3 + I_4 - I_5 = 0$$

$$I_1 + I_3 + I_4 = I_2 + I_5$$

Второй закон Кирхгофа применяется к **контурам** электрической цепи и выражает баланс напряжений.



Второй закон Кирхгофа:

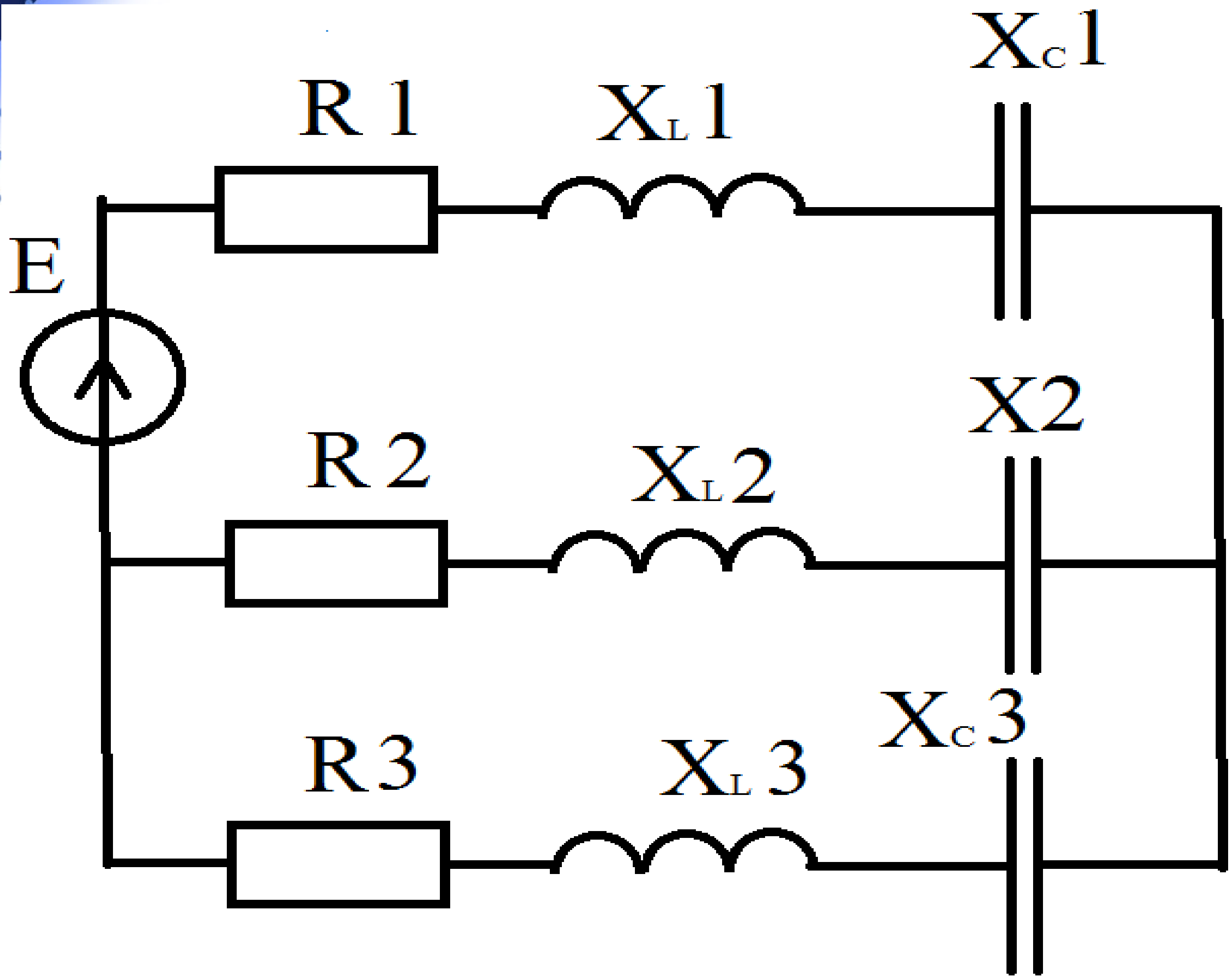
алгебраическая сумма падений напряжения в любом замкнутом контуре равна алгебраической сумме ЭДС вдоль этого контура.

$$\sum \pm U_m = \sum \pm E_n$$

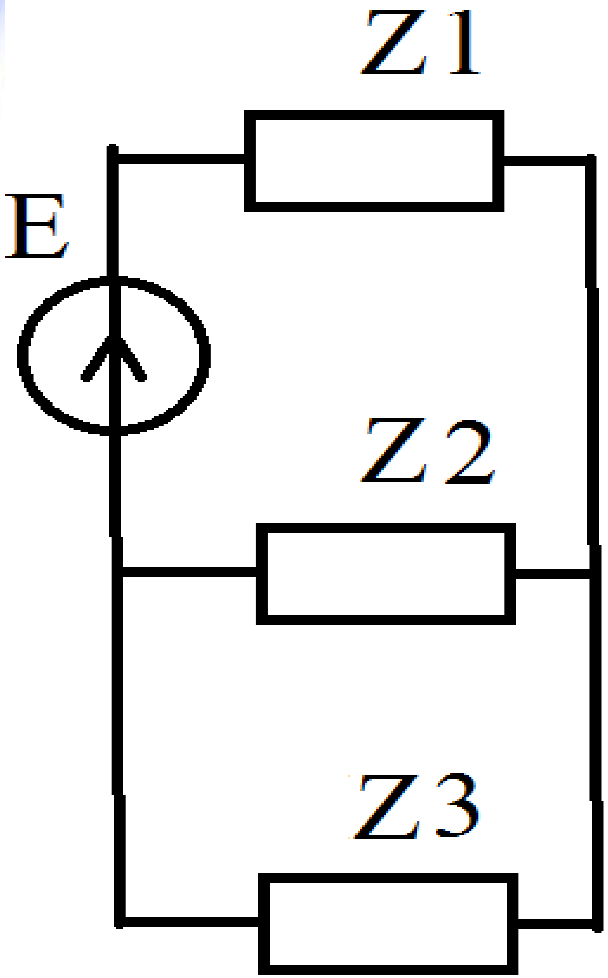
В каждую из сумм слагаемые входят со знаком «плюс», если они совпадают с направлением обхода контура.

$$I_1R_1 + I_1R_2 - I_2R_3 - I_3R_4 + I_4R_5 = E_1 - E_2 + E_3 - E_4 - E_5$$

Домашнее задание



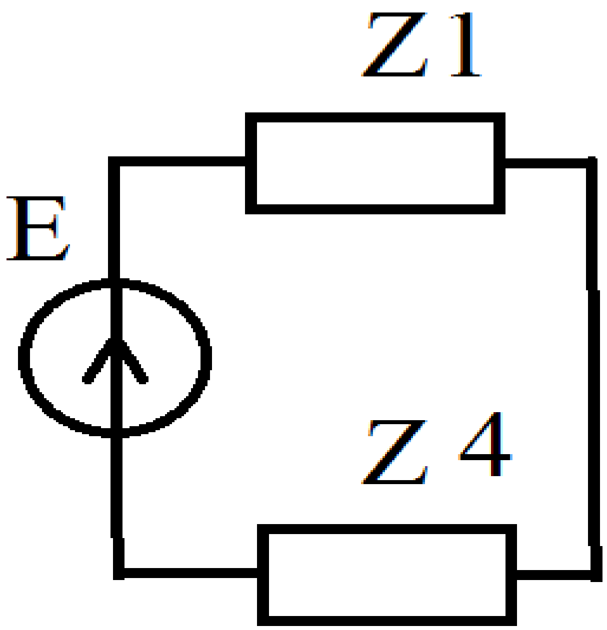
$R1=5$ Ом
$X_L1=10$ Ом
$X_C1=5$ Ом
$R2=10$ Ом
$X_L2=6$ Ом
$X_C2=8$ Ом
$R3=2$ Ом
$X_L3=1$ Ом
$X_C3=2$ Ом
$E=100$



$$\dot{Z}1 = R1 + j(X_L 1 - X_C 1) = \\ = 5 + j(10 - 5) = 5 + j5$$

$$\dot{Z}2 = R2 + j(X_L 2 - X_C 2) = \\ = 10 + j(6 - 8) = 10 - j2$$

$$\dot{Z}3 = R3 + j(X_L 3 - X_C 3) = \\ = 1 + j(1 - 2) = 1 - j1$$



$$\dot{Z}4 = \frac{Z2 \cdot Z3}{Z2 + Z3} = \frac{(10 - j2)(1 - J1)}{(10 - j2) + (1 - J1)} =$$

$$= \frac{10.198e^{-j11.31}1.414e^{-j45}}{11 - j3} = \frac{14.422e^{-j56.31}}{11.402e^{-j15.255}} =$$

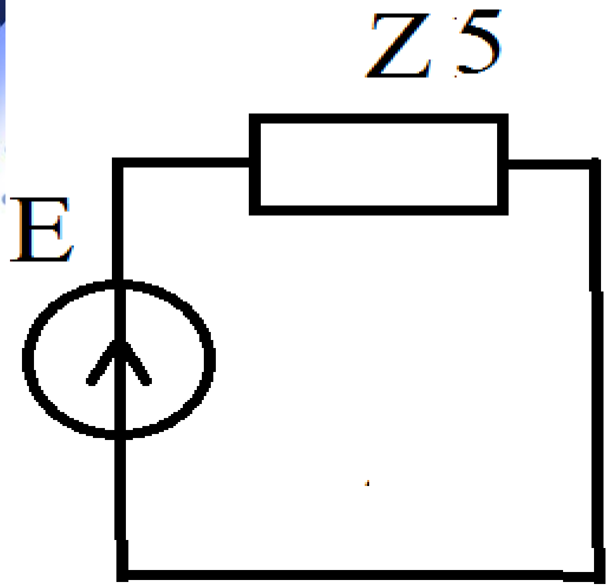
$$= 1.265e^{-j41.058} = 1.265\cos(-41.058) +$$

$$+ j1.265\sin(-41.058) = 0.954 - j0.831$$

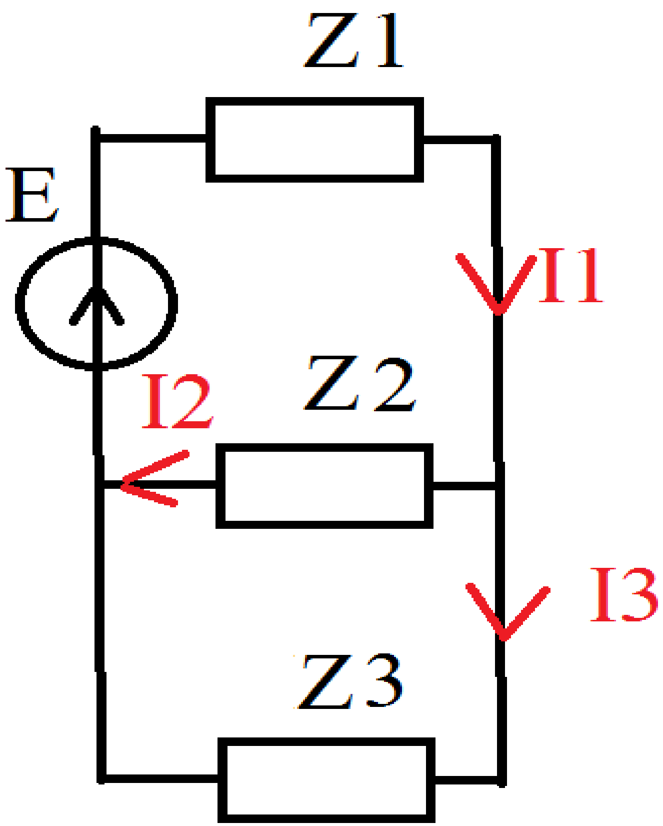
$$\dot{Z}2 = 10 - j2$$

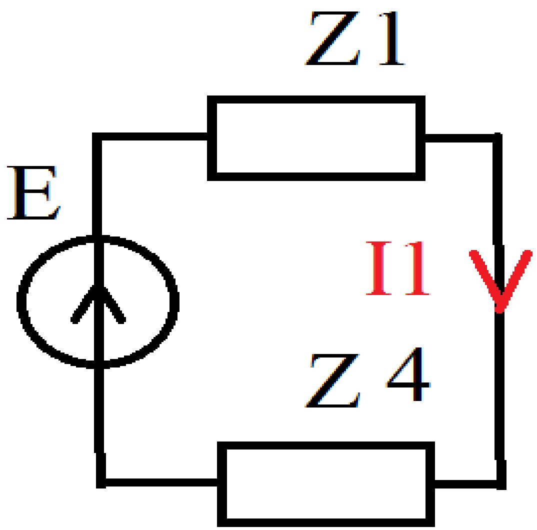
$$\left|\dot{Z}2\right| = \sqrt{10^2 + 2^2} = 10.198$$

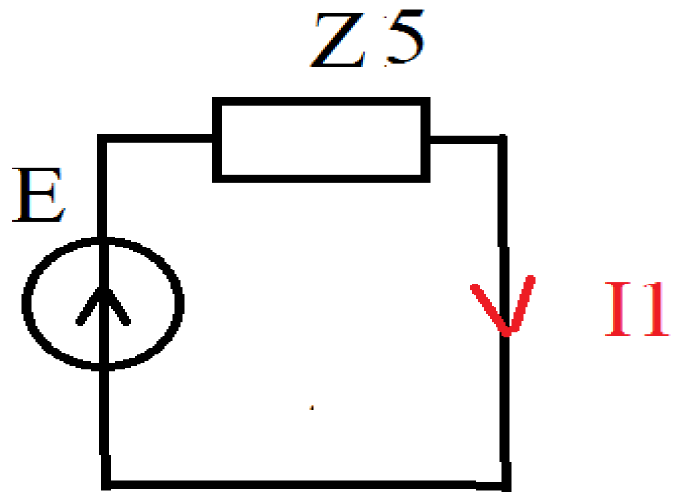
$$\varphi_{Z1} = arctg\left(\frac{-2}{10}\right) = -11.31$$



$$\dot{Z}5 = \dot{Z}1 + \dot{Z}54 = 5 + j5 + 0.954 - j0.831 =$$
$$= 5.954 + j4.169 = 7.268e^{j35}$$







$$\dot{I}1 = \frac{\dot{E}}{\dot{Z}5} = \frac{100}{7.268e^{j49.715}} = 13.758e^{-j35} =$$

$$= 11.27 - j7.892$$

$$\dot{U}4 = \dot{I}1 \cdot \dot{Z}4 = 13.758e^{-j35.002}1.265e^{-j41.058} =$$

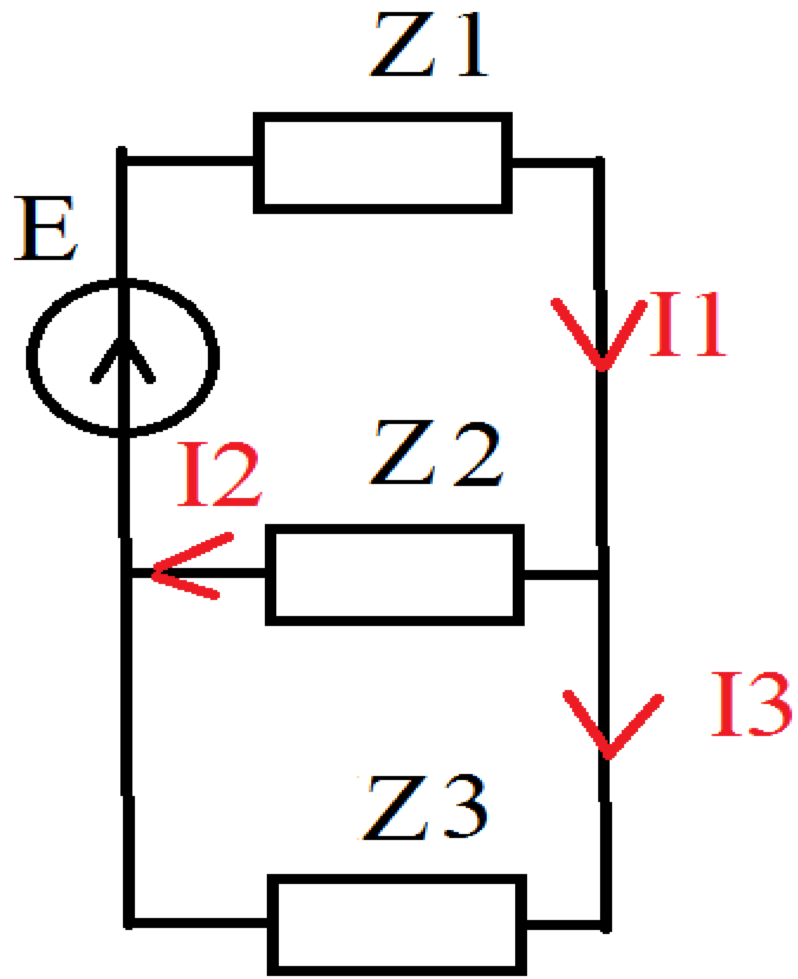
$$= 17.403e^{-j76.058}$$

$$\dot{I}2=\frac{\dot{U}4}{\dot{Z}2}=\frac{17.403e^{-j76.058}}{10.198e^{-j11.31}}=1.706e^{-j64.742}=$$

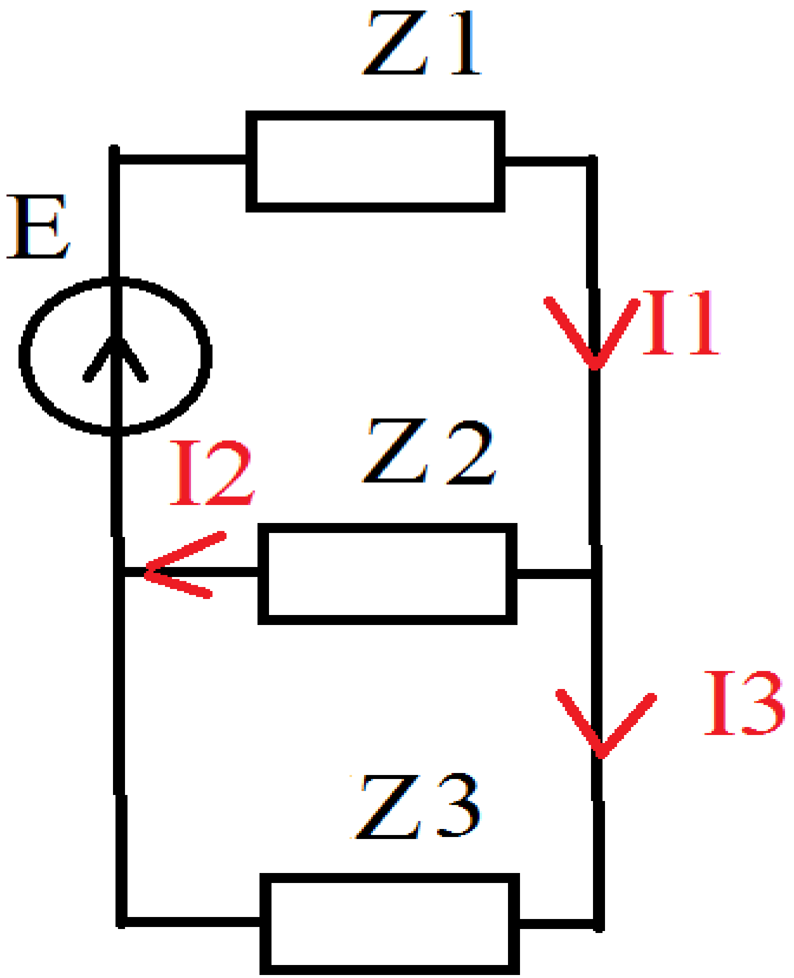
$$=0.728-j1.543$$

$$\dot{I}3=\frac{\dot{U}4}{\dot{Z}3}=\frac{17.403e^{-j76.058}}{1.414e^{-j45}}=12.306e^{-j31.055}=$$

$$=10.542-j6.348$$



$$\dot{I}1-\dot{I}2-\dot{I}3=11.27-j7.892-(0.728-j1.543)-$$
$$-(10.542-j6.348)=0$$



$$\dot{I}1\dot{Z}1+\dot{I}2\dot{Z}2=\dot{E}$$

$$\dot{I}2\dot{Z}2-\dot{I}3\dot{Z}3=0$$