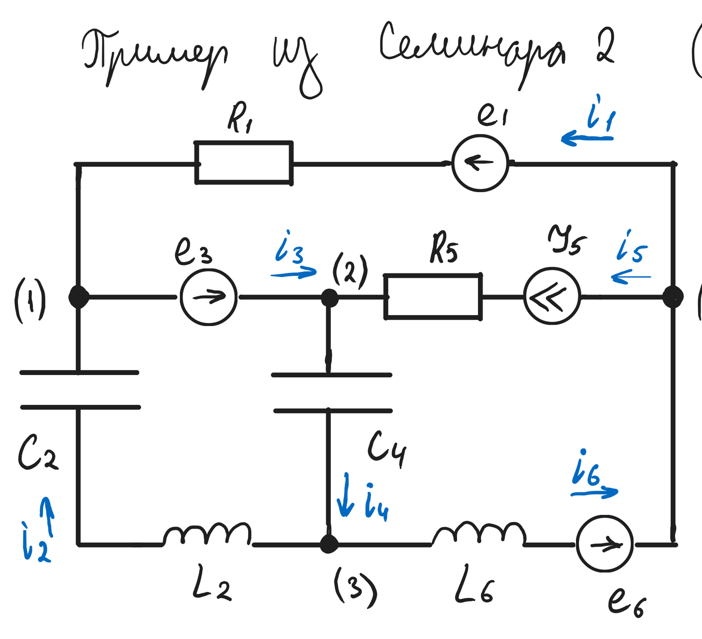
Пример из Семинара 2 (Д/з №1)



Дано:

$e_1(t) = 600\sqrt{2}\sin(10^3 t - 180^\circ)$

$e_3(t) = 100\sqrt{2}\sin(10^3 t + 90^\circ)$

$J_5(t) = 4\sin(10^3 t - 45^\circ)$

$e_6(t) = 100\sqrt{2}\sin(10^3 t + 270^\circ)$

$R_1 = 200$ Ом $\quad C_2 = 10$ мкФ $\quad L_2 = 200$ мГн

$R_5 = 100$ Ом $\quad C_4 = 10$ мкФ $\quad L_6 = 100$ мГн

Перевод значений в комплексную форму:

$\dot{E}_1 = \frac{600\cancel{\sqrt{2}}}{\cancel{\sqrt{2}}}\cos(-180^\circ) + j\frac{600\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\cancel{\sin(-180^\circ)} = -600$

$\dot{E}_3 = \frac{100\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\cancel{\cos(90^\circ)} + j\frac{100\cancel{\sqrt{2}}}{\cancel{\sqrt{2}}}\sin(90^\circ) = 100j$

$\dot{J}_5 = \frac{4}{\sqrt{2}}\cdot\cos(-45^\circ) + j\frac{4}{\sqrt{2}}\cdot\sin(-45^\circ) = 2-2j$

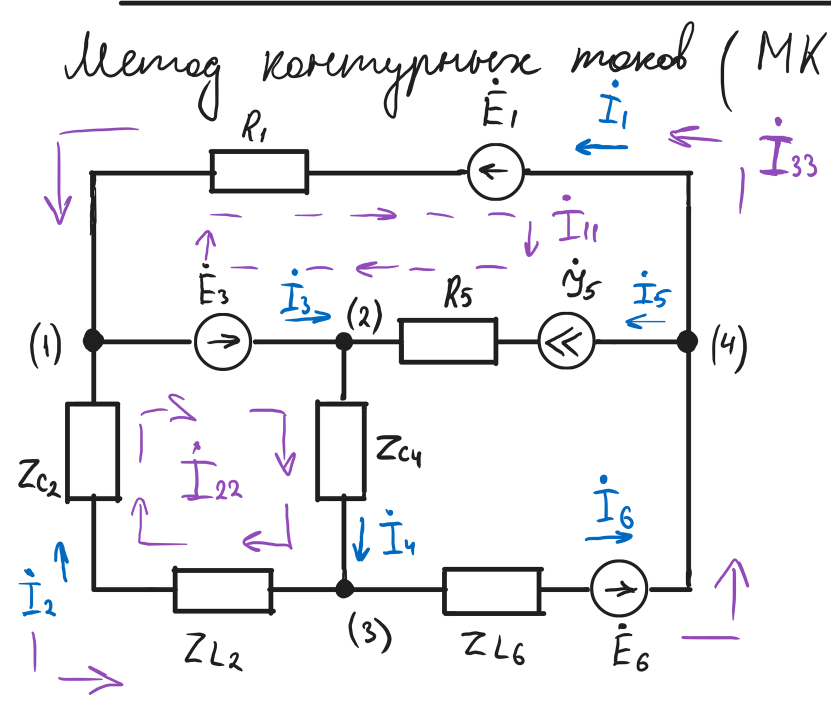
$\dot{E}_6 = \frac{100\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\cancel{\cos(270^\circ)} + j\frac{100\cancel{\sqrt{2}}}{\cancel{\sqrt{2}}}\cdot\sin(270^\circ) = -100j$

$Z_C = \frac{-j}{\omega C} \qquad Z_L = j\omega L$

$Z_{C_2} = -100j \qquad Z_{L_2} = 200j \qquad R_1 = 200$

$Z_{C_4} = -100j \qquad Z_{L_6} = 100j \qquad R_5 = 100$

Метод контурных токов (МКТ):



$\dot{I}_{11} = \dot{J}_5$ т.к. сопр. идеального ЭДС = 0

$\dot{I}_{22}(Z_{C_2}+Z_{L_2}+Z_{C_4}) - \cancel{I_{11}\cdot Z_3} - \dot{I}_{33}(Z_{C_2}+Z_{L_2}) = \dot{E}_3$

$\dot{I}_{33}(R_1+Z_{C_2}+Z_{L_2}+Z_{L_6}) - \dot{I}_{11}R_1 - \dot{I}_{22}(Z_{C_2}+Z_{L_2}) = \dot{E}_6+\dot{E}_1$

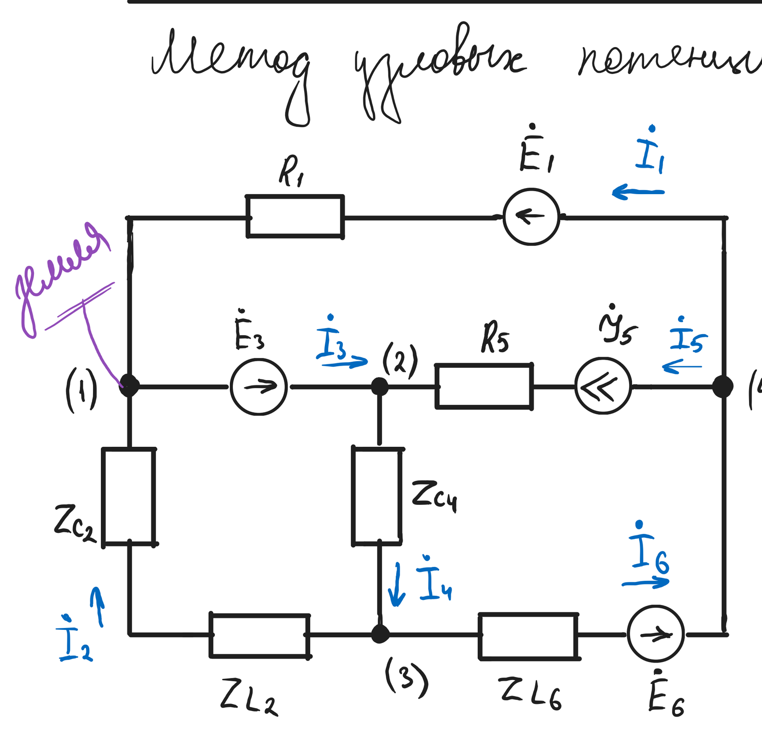
После выражения и подстановки: $\dot{I}_{22} = 3 \quad I_{33} = -1$

$\dot{I}_1 = \dot{I}_{33} - \dot{I}_{11} = -3+2j \qquad \dot{I}_4 = \dot{I}_{22} = 3$

$\dot{I}_2 = \dot{I}_{22} - \dot{I}_{33} = 4 \qquad \dot{I}_5 = \dot{I}_{11} = 2-2j$

$\dot{I}_3 = \dot{I}_{22} - \dot{I}_{11} = 1+2j \qquad \dot{I}_6 = \dot{I}_{33} = -1$

Метод узловых потенциалов:



проводимость

$Y_1 = \frac{1}{R_1} \qquad Y_5 = \frac{1}{R_5+\infty} = 0$

$Y_2 = \frac{1}{Z_{C_2}+Z_{L_2}} \qquad Y_6 = \frac{1}{Z_{L_6}}$

$Y_3 = \frac{1}{R_{вн}} = \frac{1}{0} = \infty$

$Y_4 = \frac{1}{Z_{C_4}}$

$I = \frac{E - U_{ab}}{R} = \frac{\varphi_b - \varphi_a + E}{R}$

$\dot{\varphi}_1 = 0 \Rightarrow \dot{\varphi}_2 = \dot{E}_3$

$\dot{\varphi}_3(Y_2+Y_4+Y_6) - \cancel{\dot{\varphi}_1 Y_2} - \dot{\varphi}_2 Y_4 - \dot{\varphi}_4 Y_6 = -\dot{E}_6 Y_6$

$\dot{\varphi}_4(Y_1+\cancel{Y_5}+Y_6) - \dot{\varphi}_1 Y_1 - \cancel{\varphi_2 Y_5} - \varphi_3 Y_6 = \dot{E}_6 Y_6 - \dot{E}_1 Y_1 - \dot{J}_5$

$\dot{I}_1 = \frac{\dot{\varphi}_4 - \dot{\varphi}_1 + \dot{E}_1}{R_1} = -3+2j \qquad \dot{I}_2 = \frac{\dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_1}{Z_{C_2}+Z_{L_2}} = 4$

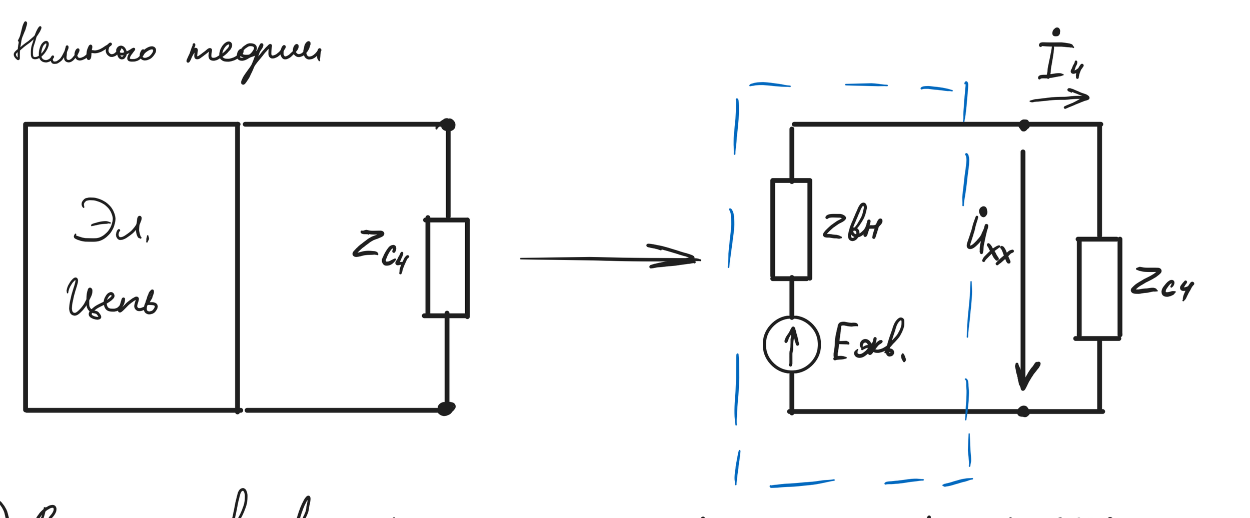
Для $\dot{I}_3$ нужно записать I-ый з. Кирхгофа, т.к. $R=0$

$\dot{I}_3 = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 1+2j$

$\dot{I}_4 = \frac{\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3}{Z_{C_4}} = 3 \qquad \dot{I}_5 = \dot{J}_5 \qquad \dot{I}_6 = \frac{\dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_4 + \dot{E}_6}{Z_{L_6}}$

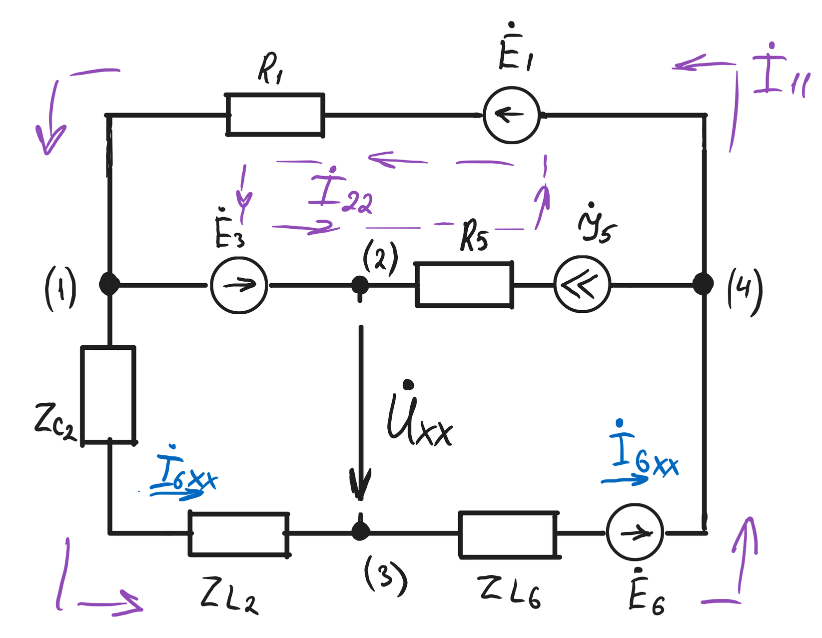
Метод эквивалентного генератора:

Немного теории



1) Выносим ветвь с искомым током, а остальную схему представляем в виде резистора с $Z_{вн.}$ и эквивал. ЭДС $E_{экв.}$

2) Заменяем искомую ветвь на напряжение холостого хода U_{xx}.



$\dot{I}_4(Z_{C_4}+Z_{вн}) = \dot{E}_{экв}$

$\dot{I}_4 = \frac{E_{экв.}}{Z_{C_4}+Z_{вн}} = \frac{U_{xx}}{Z_{C_4}+Z_{вн}}$

$\dot{U}_{xx} - \dot{I}_{6xx}(Z_{C_2}+Z_{L_2}) = \dot{E}_3$

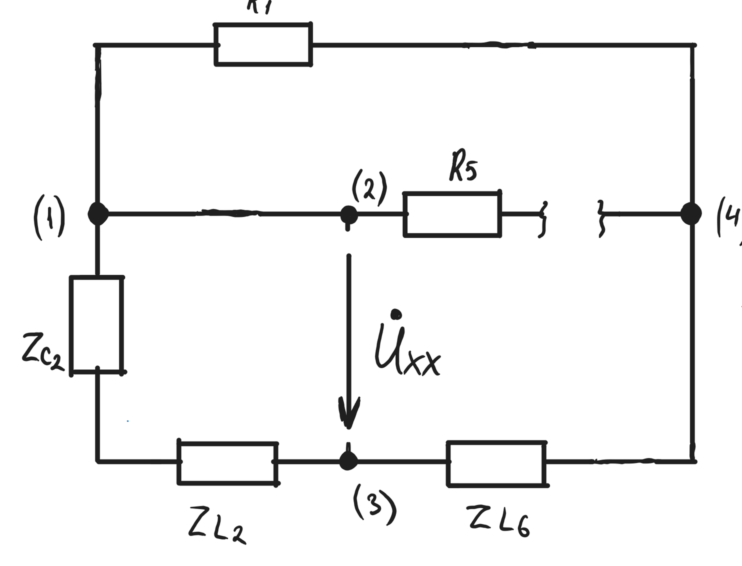
По МКТ:

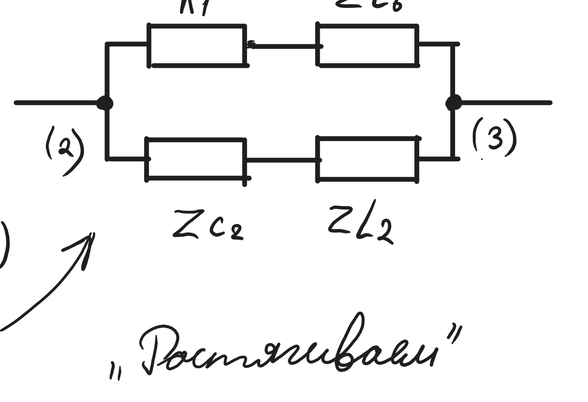
$$\left.\begin{aligned} &\dot{I}_{22} = \dot{J}_5 = 2-2j \\ &\dot{I}_{11}(R_1+Z_{C_2}+Z_{L_2}+Z_{L_6}) - \dot{I}_{22}R_1 = \dot{E}_1+\dot{E}_6 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \dot{I}_{11} = -1{,}75-0{,}75j$$

Затем преобразовываем схему:

1) ЭДС заменяем закороткой (проводом)

2) Истон. тока (J) заменяем разрывом





„Растягиваем"

$Z_{вн} = \frac{(R_1+Z_{L_6})(Z_{C_2}+Z_{L_2})}{R_1+Z_{L_6}+Z_{C_2}+Z_{L_2}} = 25+75j$

$\dot{I}_{6xx} = \dot{I}_{11} = -1{,}75-0{,}75j$

$\dot{U}_{xx} = \dot{E}_3 + \dot{I}_{6xx}(Z_{C_2}+Z_{L_2}) = 75-75j$

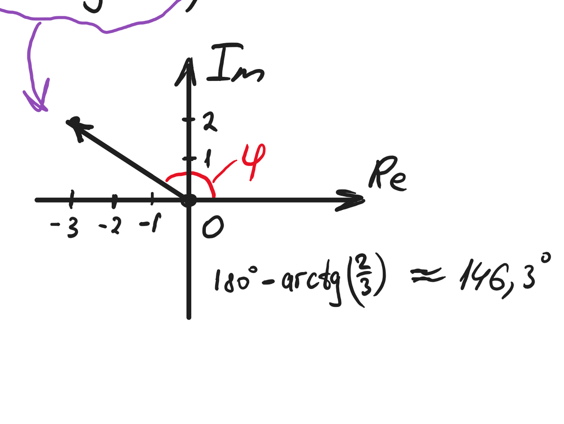
$\dot{I}_4 = \frac{\dot{U}_{xx}}{Z_{L_4}+Z_{вн}} = \frac{75-75j}{-100j+25+75j} = 3$

$\dot{I}_4 = 3$

Пример перевода во временную форму

$\dot{I}_1 = -3+2j = \sqrt{(-3)^2+2^2}\sqrt{2}\cdot\sin\left(10^3 t + \operatorname{arctg}\frac{2}{-3}\right)$

$i_1(t) = 3{,}61\sqrt{2}\sin(10^3 t + 146{,}3^\circ)$



$180^\circ - \operatorname{arctg}\left(\frac{2}{3}\right) \approx 146{,}3^\circ$