

Raum:

$$E_1 = 100 \cos(\omega t - 180^\circ)$$

$$E_2 = 200 + 200j$$

$$E_3 = -200 - 200j$$

$$E_4 = 100 \sin(\omega t + 90^\circ)$$

$$Z_1 = 200 \text{ mH}$$

$$Z_2 = 20 \text{ mH}$$

$$Z_3 = 400 \text{ Ohm}$$

$$Z_4 = 400 \text{ mH}$$

$$Z_5 = 100 \text{ Ohm}$$

$$Z_6 = 100 \text{ mH}$$

$$Z_7 = 10 \text{ mH}$$

$$Z_8 = 200 \text{ Ohm}$$

$$\omega = 2 \cdot 10^3 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Während: $i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6, i_7, i_8$ - ?

Beispiel:

① ~~Zeigerdiagramm~~ für die reellen Werte ausrechnen:

$$e_1 = 100 \cos(\omega t - 180^\circ)$$

$$\tilde{E}_1 = 100 \cos(\omega t - \pi) + j100 \sin(\omega t - \pi) = 100 e^{j(\omega t - \pi)} = 100 e^{j\omega t} e^{-j\pi} = \dot{E}_1 e^{j\omega t}$$

$$\dot{E}_1 = -100$$

$$\dot{E}_2 = 200 + 200j$$

$$\dot{E}_3 = -200 - 200j$$

$$\dot{E}_4 = 100 \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) = 100 \cos\left(\frac{\pi}{2} - \omega t - \frac{\pi}{2}\right) = 100 \cos \omega t$$

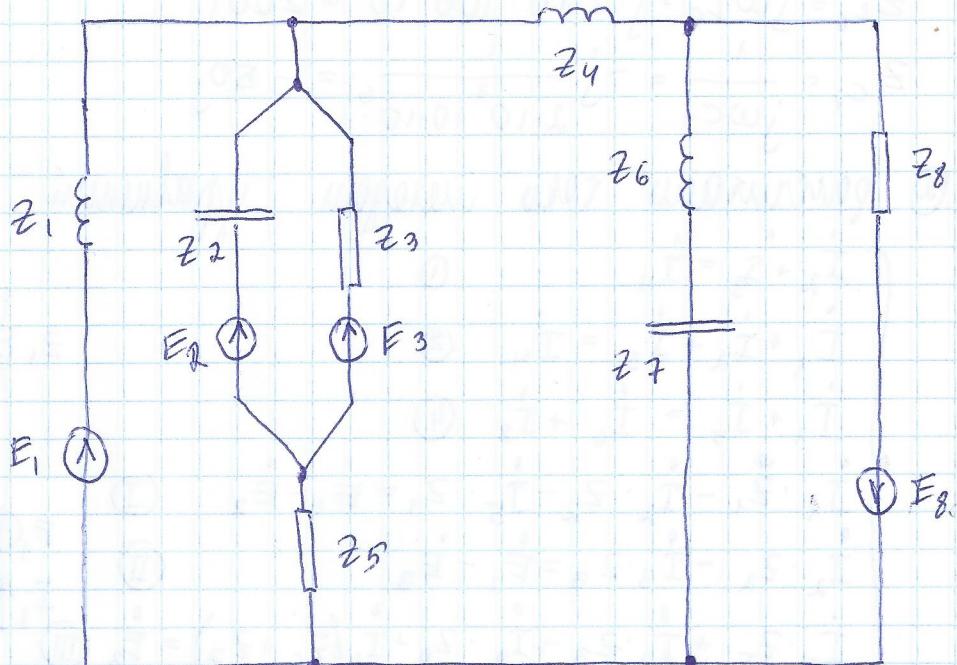
$$\tilde{E}_5 = 100 \cos \omega t + j100 \sin \omega t = 100 e^{j\omega t}$$

$$\dot{E}_5 = 100$$

$$Z_{L1} = j\omega L_1 = j \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 10^{-3} = 400j$$

$$Z_{C2} = \frac{1}{j\omega C_2} = \frac{1}{j \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} = -j \frac{10^3}{40} = -25j$$

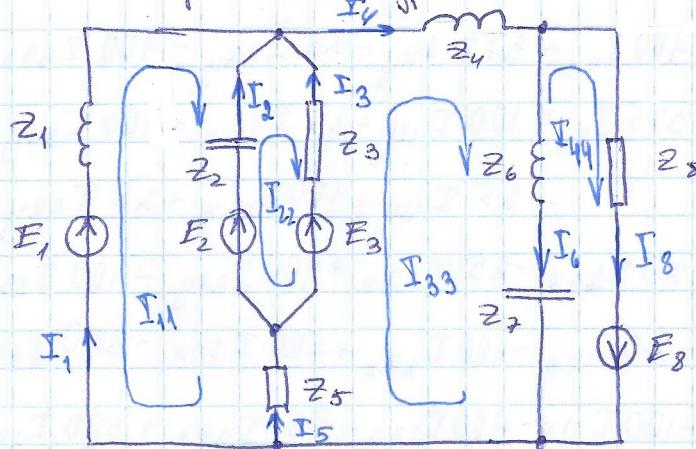
$$Z_{L4} = j\omega L_4 = j \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 800j$$



$$Z_{L_6} = j\omega L_6 = j \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 200j$$

$$Z_{L_7} = \frac{1}{j\omega C_7} = -j \frac{1}{2 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = -50j$$

Параллельные токи всех фазных магнитных контуров:



$$\begin{cases} I_{11}(Z_1 + Z_2 + Z_5) - I_{22} \cdot Z_2 - I_{33} \cdot Z_5 = E_1 - E_2 \\ -I_{11} \cdot Z_2 + I_{22}(Z_2 + Z_3) - I_{33} \cdot Z_3 = E_2 - E_3 \\ -I_{11} \cdot Z_5 - I_{22} \cdot Z_3 + I_{33}(Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6 + Z_7) - I_{44}(Z_6 + Z_7) = E_3 \\ -I_{33}(Z_6 + Z_7) + I_{44}(Z_6 + Z_7 + Z_8) = E_8 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{11}(400j - 25j + 100) - I_{22}(-25j) - 100 I_{33} = -100 - 100 - 200j \\ -I_{11}(-25j) + I_{22}(-25j + 400) - I_{33} \cdot 400 = 200 + 200j + 200 + 200j \\ -I_{11} \cdot 100 - I_{22} \cdot 400 + I_{33}(400 + 900j + 100 + 200j - 50j) - I_{44}(200j - 50j) = -200 - 200j \\ -I_{33}(200j - 50j) + I_{44}(200j - 50j + 200) = 100 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{11}(375j + 100) + I_{22} \cdot 25j - 100 I_{33} = -200j - 300 \\ 25j I_{11} + I_{22}(400 - 25j) - 400 I_{33} = 400 + 400j \\ -100 I_{11} - 400 I_{22} + I_{33}(950j + 500) - 150j I_{44} = -200 - 200j \\ -150j I_{33} + I_{44}(150j + 200) = 100 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (I_{11x} + j I_{11y})(375j + 100) + 25j(I_{22x} + j I_{22y}) - 100(I_{33x} + j I_{33y}) = -200j - 300 \\ 25j(I_{11x} + j I_{11y}) + (I_{22x} + j I_{22y})(400 - 25j) - 400(I_{33x} + j I_{33y}) = 400 + 400j \\ -100(I_{11x} + j I_{11y}) - 400(I_{22x} + j I_{22y}) + (I_{33x} + j I_{33y})(950j + 500) - 150j(I_{44x} + j I_{44y}) = -200 - 200j \\ -150j(I_{33x} + j I_{33y}) + (I_{44x} + j I_{44y})(150j + 200) = 100 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 100 I_{11x} + 375j I_{11x} + 100j I_{11y} - 375 I_{11y} + 25j I_{22x} - 25 I_{22y} - 100 I_{33x} - 100j I_{33y} = -200j - 300 \\ 25j I_{11x} - 25 I_{11y} - 25j I_{22x} + 400 I_{22x} + 400j I_{22y} + 25 I_{22y} - 400 I_{33x} - 400j I_{33y} = 400 + 400j \end{cases}$$

$$\left. \begin{aligned}
 & -100 I_{11x} - 100j I_{11y} - 400 I_{22x} - 400j I_{22y} + 950j I_{33x} + 500 I_{33x} - 950 I_{33y} + \\
 & + 500j I_{33y} - 150j I_{44x} + 150 I_{44y} = -200 - 200j \\
 & -150j I_{33x} + 150 I_{33y} + 150j I_{44x} - 200 I_{44x} - 150 I_{44y} + 200j I_{44y} = 100
 \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned}
 & 100 I_{11x} - 375 I_{11y} - 25 I_{22x} - 100 I_{33x} = -300 \\
 & 375 I_{11x} + 100 I_{11y} + 25 I_{22x} - 100 I_{33y} = -200 \\
 & -25 I_{11y} + 400 I_{22x} + 25 I_{22y} - 400 I_{33x} = 400 \\
 & 25 I_{22x} - 25 I_{22y} + 400 I_{22y} - 400 I_{33y} = 400 \\
 & -100 I_{11x} - 400 I_{22x} + 500 I_{33x} - 950 I_{33y} + 150 I_{44y} = -200 \\
 & -100 I_{11y} - 400 I_{22y} + 950 I_{33x} + 500 I_{33y} - 150 I_{44x} = -200 \\
 & 150 I_{33y} + 200 I_{44x} - 150 I_{44y} = 100 \\
 & -150 I_{33x} + 150 I_{44x} + 200 I_{44y} = 0
 \end{aligned} \right\}$$

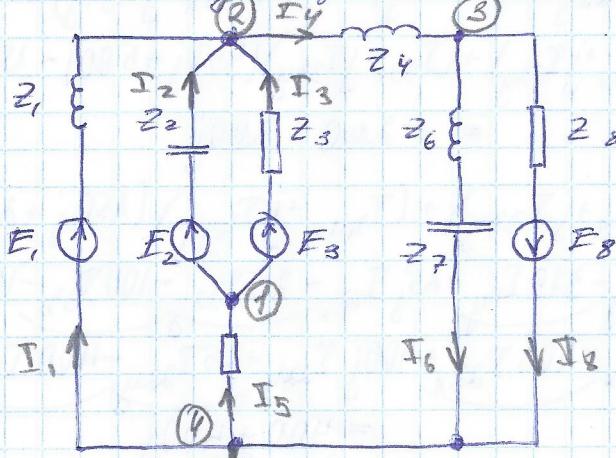
$$\left(\begin{array}{ccccccc|c}
 100 & -375 & 0 & -25 & -100 & 0 & 0 & I_{11x} \\
 375 & 100 & 25 & 0 & 0 & -100 & 0 & I_{11y} \\
 0 & -25 & 400 & 25 & -400 & 0 & 0 & I_{22x} \\
 25 & 0 & -25 & 400 & 0 & -400 & 0 & I_{22y} \\
 -100 & 0 & -400 & 0 & 500 & -950 & 0 & I_{33x} \\
 0 & -100 & 0 & -400 & 500 & 500 & -150 & I_{33y} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 150 & 200 & -150 & I_{44x} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & -150 & 0 & 200 & I_{44y}
 \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c}
 -300 \\
 -200 \\
 400 \\
 400 \\
 -200 \\
 -200 \\
 100 \\
 0
 \end{array} \right)$$

$$\left\{ \begin{array}{l}
 I_{11x} = -0,76 \\
 I_{11y} = 0,42 \\
 I_{22x} = 1,36 \\
 I_{22y} = 1,048 \\
 I_{33x} = 0,4 \\
 I_{33y} = -0,095 \\
 I_{44x} = 0,5 \\
 I_{44y} = -0,079
 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l}
 I_1 = -0,76 + 0,42j \\
 I_2 = 1,36 + 1,048j \\
 I_3 = 0,4 - 0,095j \\
 I_4 = 0,5 - 0,079j
 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l}
 I_1 = I_{11} = -0,76 + 0,42j \\
 I_2 = I_{22} - I_{11} = 2,12 + 0,63j \\
 I_3 = I_{33} - I_{11} = -0,96 - 1,13j \\
 I_4 = I_{44} = 0,4 - 0,085j \\
 I_5 = I_{33} - I_{11} = 1,16 - 0,505j \\
 I_6 = I_{33} - I_{44} = -0,1 - 0,006j \\
 I_7 = I_{44} = 0,5 - 0,079j
 \end{array} \right.$$

Ф-кин от бранилни б. н. 3

2) настин токи, веен бројбет селебрите членови
погодувају се. Токи предавају се веен токопроводни
членови и се броје деса бројбети членови от
бранилни



$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{\varphi}_1 \left(\frac{1}{Z_5} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} \right) - \dot{\varphi}_2 \left(\frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} \right) = -\dot{E}_2 \frac{1}{Z_2} - \dot{E}_3 \frac{1}{Z_3} \\ \dot{\varphi}_2 \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} + \frac{1}{Z_4} \right) - \dot{\varphi}_1 \left(\frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} \right) - \dot{\varphi}_3 \frac{1}{Z_4} = \dot{E}_1 \frac{1}{Z_1} + \dot{E}_2 \frac{1}{Z_2} + \dot{E}_3 \frac{1}{Z_3} \\ \dot{\varphi}_3 \left(\frac{1}{Z_4} + \frac{1}{Z_6+Z_7} + \frac{1}{Z_8} \right) - \dot{\varphi}_2 \frac{1}{Z_4} = -\dot{E}_8 \frac{1}{Z_8} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{\varphi}_1 \left(\frac{1}{100} + \frac{1}{-25j} + \frac{1}{400} \right) - \dot{\varphi}_2 \left(\frac{1}{-25j} + \frac{1}{400} \right) = -(200+200j) \frac{1}{-25j} - (-200-200j) \frac{1}{400} \\ \dot{\varphi}_2 \left(\frac{1}{400j} + \frac{1}{-25j} + \frac{1}{400} + \frac{1}{800j} \right) - \dot{\varphi}_1 \left(\frac{1}{-25j} + \frac{1}{400} \right) - \dot{\varphi}_3 \frac{1}{800j} = -100 \frac{1}{400j} + \\ + (200+200j) \frac{1}{-25j} + (-200-200j) \frac{1}{400} \\ \dot{\varphi}_3 \left(\frac{1}{800j} + \frac{1}{200j-50j} + \frac{1}{100} \right) - \dot{\varphi}_2 \frac{1}{800j} = -100 \frac{1}{200} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{\varphi}_1 \left(\frac{1}{100} + \frac{j}{25} + \frac{1}{400} \right) - \dot{\varphi}_2 \left(\frac{j}{25} + \frac{1}{400} \right) = -(200+200j) \frac{j}{25} + \frac{200+200j}{400} \\ \dot{\varphi}_2 \left(-\frac{j}{400} + \frac{j}{25} + \frac{1}{400} - \frac{j}{800} \right) - \dot{\varphi}_1 \left(\frac{j}{25} + \frac{1}{400} \right) + \dot{\varphi}_3 \frac{j}{800} = \frac{j}{4} + (200+200j) \frac{j}{25} - \\ - \frac{200+200j}{400} \\ \dot{\varphi}_3 \left(-\frac{j}{100} - \frac{j}{150} + \frac{1}{200} \right) + \dot{\varphi}_2 \frac{j}{800} = -\frac{1}{2} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{\varphi}_1 (4+16j+1) - \dot{\varphi}_2 (16j+1) = -16(200+200j)j + 200+200j \\ \dot{\varphi}_2 (-2j+32j+2-j) - \dot{\varphi}_1 (32j+2) + \dot{\varphi}_3 j = 200j+32(200+200j)j - \\ - 2(200+200j)j \end{array} \right.$$

$$\dot{\varphi}_3 (-3j-16j+12) + \dot{\varphi}_2 \cdot 3j = -1200$$

$$\dot{\varphi}_1 (16j+5) - \dot{\varphi}_2 (16j+1) = -16 \cdot 200j + 200 \cdot 16 + 200+200j$$

$$\dot{\varphi}_2 (29j+2) - \dot{\varphi}_1 (32j+2) + j \dot{\varphi}_3 = 200j+32 \cdot 200j - 32 \cdot 200 - 400 - 400j$$

$$\dot{\varphi}_3 (-19j+12) + 3j \cdot \dot{\varphi}_2 = -1200$$

$$(\dot{\varphi}_{1x} + j \dot{\varphi}_{1y})(16j+5) - (\dot{\varphi}_{2x} + j \dot{\varphi}_{2y})(16j+1) = -3000j + 3400$$

$$(\dot{\varphi}_{2x} + j \dot{\varphi}_{2y})(29j+2) - (\dot{\varphi}_{1x} + j \dot{\varphi}_{1y})(32j+2) + j(\dot{\varphi}_{3x} + j \dot{\varphi}_{3y}) = 6200j - 6800$$

$$(\dot{\varphi}_{3x} + j \dot{\varphi}_{3y})(-19j+12) + 3j(\dot{\varphi}_{2x} + j \dot{\varphi}_{2y}) = -1200$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 16j \dot{\varphi}_{1x} + 5 \dot{\varphi}_{1y} - 16 \dot{\varphi}_{1y} + 5j \dot{\varphi}_{1y} - 16j \dot{\varphi}_{2x} - \dot{\varphi}_{2x} + 16 \dot{\varphi}_{2y} - j \dot{\varphi}_{2y} = 3400 - 3000j \\ 29j \dot{\varphi}_{2x} + 2 \dot{\varphi}_{2x} - 29 \dot{\varphi}_{2y} + 2j \dot{\varphi}_{2y} - 32j \dot{\varphi}_{1x} - 2 \dot{\varphi}_{1x} + 32 \dot{\varphi}_{1y} - 2j \dot{\varphi}_{1y} + j \dot{\varphi}_{3x} - \dot{\varphi}_{3y} = \end{array} \right.$$

$$= 6200j - 6800$$

$$-19j\varphi_{3x} + \underbrace{12\varphi_{3x}}_{5\varphi_{1x} - 16\varphi_{1y} - \varphi_{2x} + 16\varphi_{2y}} + 19\varphi_{3y} + 12j\varphi_{3y} + 3j\varphi_{2x} - \underbrace{3\varphi_{2y}}_{-1200} = -1200$$

$$5\varphi_{1x} - 16\varphi_{1y} - \varphi_{2x} + 16\varphi_{2y} = 3400$$

$$16\varphi_{1x} + 5\varphi_{1y} - 16\varphi_{2x} - \varphi_{2y} = -3000$$

$$-2\varphi_{1x} + 32\varphi_{1y} + 2\varphi_{2x} - 29\varphi_{2y} - 3\varphi_{3y} = -6800$$

$$-32\varphi_{1x} - 2\varphi_{1y} + 29\varphi_{2x} + 2\varphi_{2y} + 4\varphi_{3x} = 6200$$

$$-3\varphi_{2y} + 12\varphi_{3x} + 19\varphi_{3y} = -1200$$

$$3\varphi_{2x} - 19\varphi_{3x} + 12\varphi_{3y} = 0$$

$$\left(\begin{array}{cccccc} 5 & -16 & -1 & 16 & 0 & 0 \\ 16 & 5 & -16 & -1 & 0 & 0 \\ -2 & 32 & 2 & -20 & 0 & -1 \\ -32 & -2 & 29 & 2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -3 & 12 & 19 \\ 0 & 0 & 3 & 0 & -10 & 12 \end{array} \right) \left(\begin{array}{c} \varphi_{1x} \\ \varphi_{1y} \\ \varphi_{2x} \\ \varphi_{2y} \\ \varphi_{3x} \\ \varphi_{3y} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} 3400 \\ -3000 \\ -6800 \\ 6200 \\ -1200 \\ 0 \end{array} \right)$$

$$\dot{\varphi}_{1x} = -115,808$$

$$\dot{\varphi}_{1y} = 50,591$$

$$\dot{\varphi}_{2x} = 68,529$$

$$\dot{\varphi}_{2y} = 303,564$$

$$\dot{\varphi}_{3x} = 0,860$$

$$\dot{\varphi}_{3y} = -15,770$$

$$\dot{\varphi}_1 = -115,808 + 50,591j$$

$$\dot{\varphi}_2 = 68,529 + 303,564j$$

$$\dot{\varphi}_3 = 0,860 - 15,770j$$

$$\dot{I}_1 = \frac{0 - \dot{\varphi}_2 + E_1}{Z_1} = \frac{-68,529 - 303,564j - 100}{400j} = -0,759 + 0,421j$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2 + E_2}{Z_2} = \frac{-115,808 + 50,591j - 68,529 - 303,564j + 100 + 200j}{-25j} =$$

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2 + E_3}{Z_3} = \frac{2,119 + 0,627j}{400} = -1,132j - 0,961$$

$$\dot{I}_4 = \frac{\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3}{Z_4} = \frac{68,529 + 303,564j - 0,860 + 15,770j}{800j} = 0,399 - 0,085j$$

$$\dot{I}_5 = \frac{0 - \dot{\varphi}_1}{Z_5} = \frac{115,808 - 50,591j}{100} = 1,158 - 0,506j$$

$$\dot{I}_6 = \frac{\dot{\varphi}_3 - 0}{Z_6 + Z_7} = \frac{0,860 - 15,770j}{150j} = -0,105 - 0,006j$$

$$\dot{I}_8 = \frac{\dot{\varphi}_3 + D + E_8}{Z_8} = \frac{0,860 - 15,770j + 100}{200} = 0,504 - 0,079j$$

представление в виде действительных ординат от времени t n. 3

3) Справа из регулятора, полученные в т. 1, 2 и наименее уравнений квадратов в РК-1

т. 1	метод кон. токов (n.1)	метод УЗУ. ПОТ. (n. 2)	метод уп-ий квадратов (РК)
I ₁	-0,76 + 0,42j	-0,759 + 0,421j	-0,76 + 0,42j
I ₂	2,12 + 0,63j	2,119 + 0,627j	2,12 + 0,63j
I ₃	-0,96 - 1,132j	-0,961 - 1,132j	-0,96 - 1,13j
I ₄	0,4 - 0,085j	0,399 - 0,085j	0,4 - 0,08j
I ₅	1,16 - 0,505j	1,158 - 0,506j	1,16 - 0,51j
I ₆	-0,1 - 0,006j	-0,105 - 0,006j	-0,11 - 0,006j
I ₈	0,5 - 0,079j	0,504 - 0,079j	0,5 - 0,08j

Последнее значение остается неизменным

$$P_{cp} = \frac{1}{2} I_m^2 R$$

$$P_{R_3} = \frac{1}{2} (0,961^2 + 1,132^2) \cdot 400 = 440,989$$

$$P_{R_5} = \frac{1}{2} (1,158^2 + 0,506^2) 100 = 79,85$$

$$P_{R_8} = \frac{1}{2} (0,504^2 + 0,079^2) 200 = 26,0257$$

$$P_{cp} = \frac{1}{2} Re \int I_m \cdot I_m^* Y$$

$$P_{E_1} = \frac{1}{2} Re \int 100 (-0,759 - 0,421j) Y = -37,95$$

$$P_{E_2} = \frac{1}{2} Re \int (-200 + 200j) (2,119 - 0,627j) Y = -274,6$$

$$P_{E_3} = \frac{1}{2} Re \int (200 + 200j) (-0,961 + 1,132j) Y = -209,3$$

$$P_{E_8} = \frac{1}{2} Re \int -100 (0,504 + 0,079j) Y = -25,2$$

$$\Rightarrow \sum_{E_i} P_{cp} = 547,05$$

$$\text{Фактическое значение мощности: } \sum_{R_i} P_{cp} + \sum_{E_i} P_{cp} = 0,1853$$

представление токов в виде ординат от времени.

$$i_1(t) = \sqrt{0,759^2 + 0,421^2} \cos(2 \cdot 10^3 t + \arctg \frac{+0,421}{-0,759}) = \\ = 0,868 \cos(2000t + 0,506)$$

$$i_2(t) = \sqrt{2,119^2 + 0,627^2} \cos(2 \cdot 10^3 t + \arctg \frac{0,627}{2,119}) =$$

$$= 0,21 \cos(2000t + 0,288)$$

$$i_3(t) = \frac{\sqrt{0,961^2 + 1,132^2} \cos(2000t + \arctg \frac{-1,132}{0,961}}{0,961} = 1,485 \cos(2000t + 0,867)$$

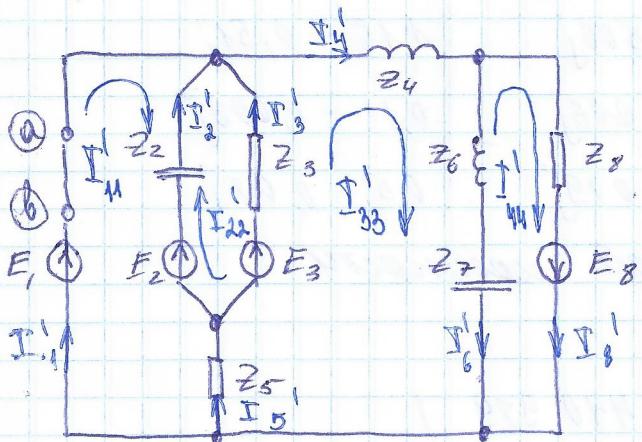
$$i_4(t) = \frac{\sqrt{0,399^2 + 0,085^2} \cos(2000t + \arctg \frac{-0,085}{0,399})}{0,399} = 0,408 \cos(2000t - 0,21)$$

$$i_5(t) = \frac{\sqrt{1,158^2 + 0,506^2} \cos(2000t + \arctg \frac{-0,506}{1,158})}{1,158} = 1,264 \cos(2000t - 0,412)$$

$$i_6(t) = \frac{\sqrt{0,105^2 + 0,006^2} \cos(2000t + \arctg \frac{-0,006}{0,105})}{0,105} = 0,105 \cos(2000t + 0,057)$$

$$i_7(t) = \frac{\sqrt{0,504^2 + 0,079^2} \cos(2000t + \arctg \frac{-0,079}{0,504})}{0,504} = 0,510 \cos(2000t - 0,155)$$

4) На找出е напряжения и токи в схеме цепи, изображенной на рисунке,



Последовательные уравнения токов:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{11}'(Z_2 + Z_5) - I_{22}'Z_2 - I_{33}'Z_5 = E_1 - E_2 \\ I_{22}'(Z_2 + Z_3) - I_{11}'Z_2 - I_{33}'Z_3 = E_2 - E_3 \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} I_{33}'(Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6 + Z_7) - I_{22}'Z_3 - I_{11}'Z_5 - I_{44}'(Z_6 + Z_7) = E_3 \\ I_{44}'(Z_8 + Z_6 + Z_7) - I_{33}'(Z_6 + Z_7) = E_8 \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} I_{11}'(-25j + 100) - I_{22}'(-25j) - I_{33}'100 = -100 - 200 - 200j \\ -I_{11}'(-25j) + I_{22}'(-25j + 400) - I_{33}'400 = 200 + 200j + 200 + 200j \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} -I_{11}'100 - I_{22}'400 + I_{33}'(400 + 900j + 100 + 200j - 50j) - I_{44}'150j = -200 - 200j \\ -I_{33}'150j + I_{44}'(150j + 200) = 100 \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} (I_{11x} + jI_{11y})(100 - 25j) + 25j(I_{22x} + jI_{22y}) - 100(I_{33x} + jI_{33y}) = -300 - 200j \\ 25j(I_{11x} + jI_{11y}) + (400 - 25j)(I_{22x} + jI_{22y}) - 400(I_{33x} + jI_{33y}) = 400j + 400 \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} -100(I_{11x} + jI_{11y}) - 400(I_{22x} + jI_{22y}) + (950j + 500)(I_{33x} + jI_{33y}) - 150j(I_{44x} + jI_{44y}) = \\ = -200 - 200j \end{array} \right.$$

$$-150j(I_{33x} + jI_{33y}) + (200 + 150j)(I_{44x} + jI_{44y}) = 100$$

$$\begin{cases}
 100 I_{11x}^1 - 25j I_{11y}^1 + 100j I_{11y}^1 + 25j I_{11y}^1 + 25j I_{22x}^1 - 25j I_{22y}^1 - 100j I_{33x}^1 - 100j I_{33y}^1 = -300 - 200j \\
 25j I_{11x}^1 - 25j I_{11y}^1 + 400j I_{22x}^1 - 25j I_{22y}^1 + 400j I_{33x}^1 + 25j I_{33y}^1 - 400j I_{33y}^1 = 400j + 400 \\
 -100 I_{11x}^1 - 100j I_{11y}^1 - 400j I_{22x}^1 - 400j I_{22y}^1 + 500j I_{33x}^1 + 950j I_{33x}^1 + 500j I_{33y}^1 - 950j I_{33y}^1 - \\
 - 150j I_{44x}^1 = 150j I_{44y}^1 = -200 - 200j \\
 - 150j I_{33x}^1 + 150j I_{33y}^1 + 200j I_{44x}^1 + 150j I_{44x}^1 + 200j I_{44y}^1 - 150j I_{44y}^1 = 100
 \end{cases}$$

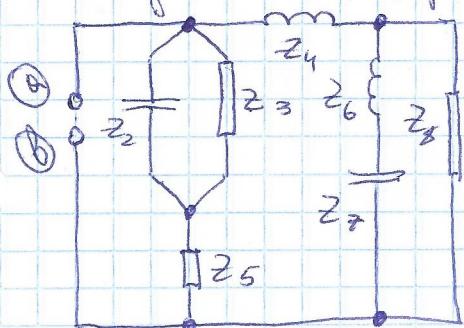
$$\begin{cases}
 100 I_{11x}^1 + 25j I_{11y}^1 - 25j I_{22y}^1 - 100j I_{33x}^1 = -300 \\
 -25j I_{11x}^1 + 100j I_{11y}^1 + 25j I_{22x}^1 - 100j I_{33y}^1 = -200 \\
 -25j I_{11y}^1 + 400j I_{22x}^1 + 25j I_{22y}^1 - 400j I_{33x}^1 = 400 \\
 25j I_{11y}^1 - 25j I_{22x}^1 + 400j I_{22y}^1 - 400j I_{33y}^1 = 400 \\
 -100j I_{11x}^1 - 400j I_{22x}^1 + 500j I_{33x}^1 - 950j I_{33y}^1 + 150j I_{44y}^1 = -200 \\
 -100j I_{11y}^1 - 400j I_{22y}^1 + 950j I_{33x}^1 + 500j I_{33y}^1 - 150j I_{44x}^1 = -200 \\
 150j I_{33y}^1 + 200j I_{44x}^1 - 150j I_{44y}^1 = 100 \\
 -150j I_{33x}^1 + 150j I_{44x}^1 + 200j I_{44y}^1 = 0
 \end{cases}$$

$$\left(\begin{array}{ccccccc|c}
 100 & 25 & 0 & -25 & -100 & 0 & 0 & -300 \\
 -25 & 100 & 25 & 0 & 0 & -100 & 0 & -200 \\
 0 & -25 & 400 & 25 & -400 & 0 & 0 & 400 \\
 25 & 0 & -25 & 400 & 0 & -400 & 0 & 400 \\
 -100 & 0 & -400 & 0 & 500 & -950 & 0 & -200 \\
 0 & -100 & 0 & -400 & 950 & 500 & -150 & -200 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 150 & 200 & -200 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & -150 & 0 & 150 & 0
 \end{array} \right) \left(\begin{array}{c} I_{11x}^1 \\ I_{11y}^1 \\ I_{22x}^1 \\ I_{22y}^1 \\ I_{33x}^1 \\ I_{33y}^1 \\ I_{44x}^1 \\ I_{44y}^1 \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} -300 \\ -200 \\ 400 \\ 400 \\ -200 \\ -200 \\ 100 \\ 0 \end{array} \right)$$

$$\begin{cases}
 I_{11x}^1 = -1,985 \\
 I_{11y}^1 = -2,622 \\
 I_{22x}^1 = 0,806 \\
 I_{22y}^1 = 1,25 \\
 I_{33x}^1 = 0,048 \\
 I_{33y}^1 = 0,075 \\
 I_{44x}^1 = 0,301 \\
 I_{44y}^1 = -0,19
 \end{cases}
 \quad \begin{aligned}
 I_{11}^1 &= -1,985 - 2,622j \\
 I_{22}^1 &= 0,806 + 1,25j \\
 I_{33}^1 &= 0,048 + 0,075j \\
 I_{44}^1 &= 0,301 - 0,19j
 \end{aligned}$$

$$j_7 = -I_1^1 = -I_{11}^1 = +1,985 + 2,622j$$

Mit gelt Z₇, y₆ gebt die Widerstände nach unten



$$\begin{aligned}
 Z_{23} &= \frac{Z_2 Z_3}{Z_2 + Z_3} = \frac{-25j \cdot 400}{-25j + 400} = \frac{-10000j}{400 - 25j} = \\
 &= \frac{10000}{400j + 25} = \frac{10000(400j - 25)}{160000 - 625} = \\
 &= 1,556 - 24,903j
 \end{aligned}$$

$$Z_{235} = Z_{23} + Z_5 = 1,556 - 24,903j + 100 = 101,556 - 24,903j$$

$$Z_{67} = Z_6 + Z_7 = 150j$$

$$Z_{678} = \frac{Z_{67} \cdot Z_8}{Z_{67} + Z_8} = \frac{150j \cdot 200}{150j + 200} = \frac{300000j(150j - 200)}{-22500 - 40000} = \frac{-4500000 - 6000000j}{-22500 - 40000} = 42 + 96j$$

$$Z_{4678} = Z_4 + Z_{678} = 800j + 72 + 96j = 72 + 896j$$

$$Z_{234678} = \frac{Z_{235} \cdot Z_{4678}}{Z_{235} + Z_{4678}} = \frac{(72 + 896j)(101,556 - 24,903j)}{72 + 896j + 101,556 - 24,903j} =$$

$$= \frac{29625,12 + 89201,16j}{173,556 + 871,097j} = \frac{(29625,12 + 89201,16j)(173,556 - 871,097j)}{173,556^2 - (871,097j)^2}$$

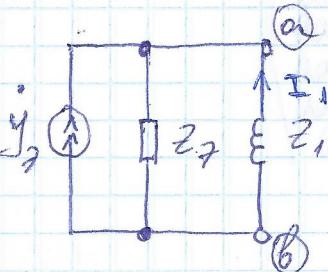
$$= \frac{82944480,199 - 10324856,632j}{288831,669} =$$

$$= 105,008 - 13,087j = Z_7$$

$$G_7 = \frac{1}{Z_7} = \frac{1}{105,008 - 13,087j} = \frac{105,008 + 13,087j}{105,008^2 - (13,087j)^2} =$$

$$= \frac{105,008 + 13,087j}{11197,95} = 0,009 + 0,001j$$

Найдите ток I_1 , определивное к заземленной линии, исходящей из Z_1 ,



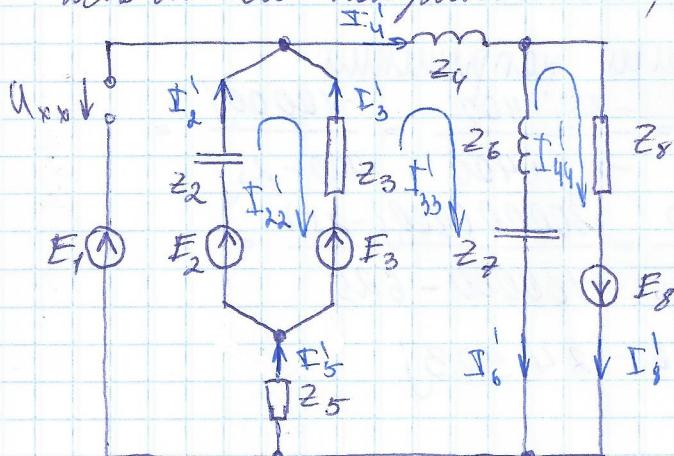
$$I_1 = -\frac{j \cdot Z_1}{Z_7 + Z_1} = \frac{(105,008 - 13,087j)(-1,985 - 2,822j)}{105,008 - 13,087j + 400j} =$$

$$= \frac{-242,755 - 249,353j}{105,008 + 386,913j} =$$

$$= \frac{(-242,755 - 249,353j)(105,008 - 386,913j)}{(105,008)^2 - (386,913j)^2} =$$

$$= \frac{-121969,134 + 67741,005j}{160728,35} = -0,759 + 0,421j$$

5) Найдите сопротивление и напряжение заземленного исходящего напряжения, подключенного к Z_1 .



Решение методом узловых токов:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{22}^1 (Z_2 + Z_3) - I_{33}^1 \cdot Z_3 = E_2 - E_3 \\ I_{33}^1 (Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6 + Z_7) - I_{22}^1 \cdot Z_3 - I_{44}^1 (Z_6 + Z_7) = E_3 \\ I_{44}^1 (Z_6 + Z_7 + Z_8) - I_{33}^1 (Z_6 + Z_7) = E_8 \\ I_{22}^1 (-25j + 400) - 400 \cdot I_{33}^1 = 200 + 200j + 200 + 200j \\ I_{33}^1 (400 + 800j + 100 + 200j - 50j) - I_{22}^1 \cdot 400 - I_{44}^1 \cdot 150j = -200 - 200j \\ I_{44}^1 (150j + 200) - I_{33}^1 \cdot 150j = 100 \\ ((I_{22}^1 + jI_{22y}^1)(400 - 25j) - 400(I_{33x}^1 + jI_{33y}^1)) = 400 + 400j \\ -400(I_{22x}^1 + jI_{22y}^1) + (950j + 500)(I_{33x}^1 + jI_{33y}^1) - 150j(I_{44x}^1 + jI_{44y}^1) = -200 - 200j \\ -150j(I_{33x}^1 + jI_{33y}^1) + (150j + 200)(I_{44x}^1 + jI_{44y}^1) = 100 \\ \underbrace{400 I_{22x}^1 - 25j I_{22y}^1 + 400j I_{22y}^1 + 25 I_{22x}^1 - 400 I_{33x}^1 - 400j I_{33y}^1}_{-400 I_{22x}^1 - 400j I_{22y}^1 + 950j I_{33x}^1 + 500 I_{33y}^1} = 400 + 400j \\ \underbrace{-400 I_{33x}^1 - 400j I_{33y}^1 + 950j I_{33y}^1 + 500 I_{33x}^1 - 950 I_{33y}^1 + 500j I_{33x}^1 - 150j I_{44x}^1 + 150 I_{44y}^1}_{-150j I_{33x}^1 + 150 I_{33y}^1 - 150j I_{44x}^1 + 200j I_{44y}^1} = -200 - 200j \\ -150j I_{33x}^1 + 150 I_{33y}^1 - 150j I_{44x}^1 + 200j I_{44y}^1 - 150 I_{44x}^1 + 200j I_{44y}^1 = 100 \\ 400 I_{22x}^1 + 25 I_{22y}^1 - 400 I_{33x}^1 = 400 \\ -25 I_{22x}^1 + 400 I_{22y}^1 - 400 I_{33y}^1 = 400 \\ -400 I_{22x}^1 + 500 I_{33x}^1 - 950 I_{33y}^1 + 150 I_{44y}^1 = -200 \\ -400 I_{22y}^1 + 950 I_{33x}^1 + 500 I_{33y}^1 - 150 I_{44x}^1 = -200 \\ 150 I_{33y}^1 + 200 I_{44x}^1 - 150 I_{44y}^1 = 100 \\ -150 I_{33x}^1 + 150 I_{44x}^1 + 200 I_{44y}^1 = 0 \end{array} \right.$$

$$\left(\begin{array}{ccccccc} 400 & 25 & -400 & 0 & 0 & 0 & I_{22x}^1 \\ -25 & 400 & 0 & -400 & 0 & 0 & I_{22y}^1 \\ -400 & 0 & 500 & -950 & 0 & 150 & I_{33x}^1 \\ 0 & -400 & 950 & 500 & -150 & 0 & I_{33y}^1 \\ 0 & 0 & 0 & 150 & 200 & -150 & I_{44x}^1 \\ 0 & 0 & -150 & 0 & 150 & 200 & I_{44y}^1 \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} 400 \\ 400 \\ -200 \\ -200 \\ 100 \\ 0 \end{array} \right)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{22x}^1 = 1,289 \\ I_{22y}^1 = 0,009 \\ I_{33x}^1 = 0,346 \\ I_{33y}^1 = -0,172 \\ I_{44x}^1 = 0,527 \\ I_{44y}^1 = -0,136 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} I_{22}^1 = 1,289 + 0,909j \\ I_{33}^1 = 0,346 - 0,172j \\ I_{44}^1 = 0,527 - 0,136j \end{array} \right.$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_{22} = 1,289 + 0,909j$$

$$\dot{I}_3 = -\dot{I}_{22} + \dot{I}_{33} = -0,943 - 1,081j$$

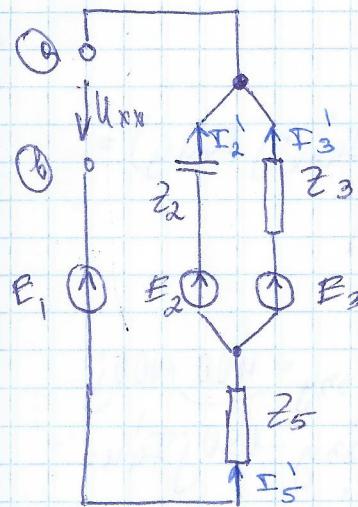
$$\dot{I}_4 = \dot{I}_{33} = 0,346 - 0,172j$$

$$\dot{I}_5 = \dot{I}_{33} = 0,346 - 0,172j$$

$$\dot{I}_6 = \dot{I}_{33} - \dot{I}_{44} = -0,181 - 0,036j$$

$$\dot{I}_8 = \dot{I}_{44} = 0,527 - 0,136j$$

$$-U_{xx} - \dot{I}_2 \cdot Z_2 - \dot{I}_5 \cdot Z_5 = E_1 - E_2$$



$$\begin{aligned} E_2 &= U_{xx} = E_2 - E_1 - \dot{I}_2 \cdot Z_2 - \dot{I}_5 \cdot Z_5 = \\ &= 200 + 200j + 100 + (-1,289 - 0,909j)(-25j) + \\ &\quad + (-0,346 + 0,172j) \cdot 100 = \\ &= 32,225j - 25,725 + 200 + 200j + 100 - 34,6 + \\ &\quad + 17,2j = 249,425j + 242,675 \end{aligned}$$

$$Z_2 = 105,008 - 13,087j \text{ (cell. n. 4)}$$

Найдем ток \dot{I}_1 , через Z_1 , подавленное в избирательности ^{составляющей напряжения.}

$$\begin{aligned} \text{Diagram: } & \text{Circuit diagram with } E_3 \text{ at the top, } Z_7 \text{ and } Z_1 \text{ in series between } E_3 \text{ and node } ②, \\ & \text{and } Z_1 \text{ connected between node } ② \text{ and node } ③. \\ \dot{I}_1 &= -\frac{E_3}{Z_7 + Z_1} = -\frac{249,425j + 242,675}{105,008 - 13,087j + 400j} = \\ &= -\frac{(249,425j + 242,675)(105,008 - 386,913j)}{105,008^2 - (386,913j)^2} = \\ &= -\frac{121,988,591 - 6,770,2,492j}{160,729,35} = -0,759 + 0,421j \end{aligned}$$

6) Графический ток \dot{I}_1 , через Z_1 .

Метод	\dot{I}_1
комп. токов (n.1)	-0,76 + 0,42j
узл. методом (n.2)	-0,759 + 0,421j
уп-шт кирхгофа (n.3)	-0,76 + 0,42j
таб. методом тока (n.4)	-0,759 + 0,421j
таб. методом напр. (n.5)	-0,759 + 0,421j

7) Найдите среднюю пусковую мощность на компоненты Z_2 и на компоненты Z_1 .

для Z_2 : $P_{cp} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \left| I_{f1} \right|^2 Z_2 j = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \left(0,759^2 + 0,421^2 \right) \cdot$
 $\cdot (105,008 - 13,087j) j = \frac{1}{2} \cdot 79,105 = 39,553$

для Z_1 : $P_{cp} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \left| I_f \right|^2 \cdot Z_1 j = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \left(0,759^2 + 0,421^2 \right) \cdot 400 j j = 0$

8) Применим, что вектор значений коэффициентов сопротивлений контура Z_H определяется выражением Z_H в соответствии с которым напряжение E_H образованное или в контуре H можно выразить следующим образом

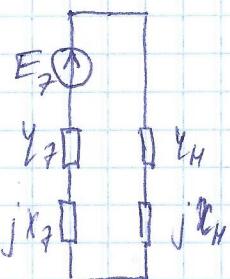
$$P_{cp} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \left| I \cdot I^* j \right|$$

$$I^* = \frac{E_7^*}{(Z_2 + Z_H)^*}, \text{ при } Z_H = Y_H + j X_H$$

$$P_{cp} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \left[\frac{E_7^*}{(Z_2 + Z_H)} \cdot Z_H \cdot \frac{E_7^*}{(Z_2 + Z_H)^*} \right] =$$

$$= \frac{1}{2} |E_7|^2 \operatorname{Re} \left[\frac{Y_H + j X_H}{(Y_H + Y_2)^2 + (X_H + X_2)^2} \right] =$$

$$= \frac{1}{2} |E_7|^2 \frac{Y_H}{(Y_H + Y_2)^2 + (X_H + X_2)^2}$$



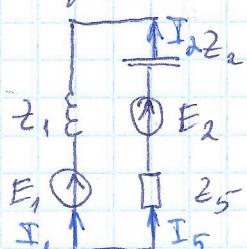
P_H принимает максимальное значение при:

$$(Y_H + Y_2)^2 + (X_H + X_2)^2 - \text{ максималено} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (X_H + X_2)^2 = 0 \Rightarrow \begin{cases} X_H = -X_2 \\ Y_H = Y_2 \end{cases}$$

$$Z_H = Y_2 - j X_2 = 105,008 + 13,087j$$

9) Найти векторное выражение напряжения напряжения для контура, обусловленного Z_1 ,



$$I_1 \cdot Z_1 - I_2 \cdot Z_2 - I_5 \cdot Z_5 = E_1 - E_2$$

$$I_1 \cdot Z_1 = 400j (-0,759 + 0,421j) = -168,4 - 303,6j$$

$$I_2 \cdot Z_2 = -25j (2,110 + 0,627j) = 15,875 - 52,975j$$

$$I_5 \cdot Z_5 = 100 (1,158 - 0,506j) = 115,8 - 50,6j$$