

Raum:

$$F_1 = 100 \cos(\omega t - 180^\circ)$$

$$E_2 = 200 + 200j$$

$$E_3 = -200 - 200j$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Frage: $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7, I_8 = ?$

Beispiel:

① ~~Spannung~~ ~~Widerstand~~ für den reziproken Ausdruck:

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

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

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

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

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

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

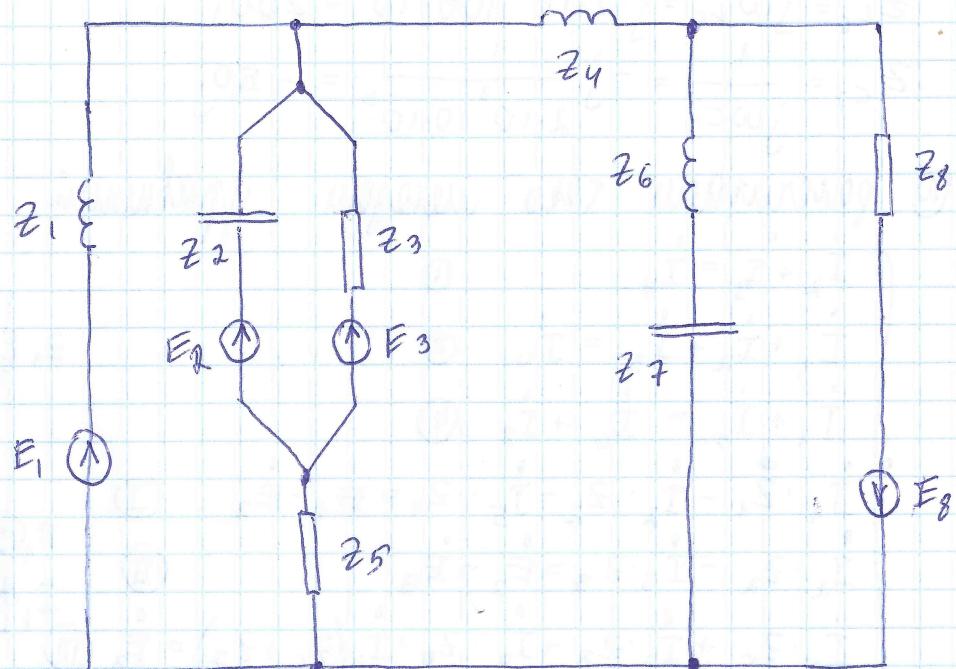
$$\tilde{E}_8 = 100 \cos \omega t + j 100 \sin \omega t = 100 e^{j\omega t}$$

$$\dot{E}_8 = 100$$

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

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

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



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

$$Z_{C_2} = \frac{1}{j\omega C_2} = -j \frac{1}{2 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = -50j$$

② параллельные токи между узловыми переменными

$$I_2 + I_3 = I_5 \quad ①$$

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 \quad ②$$

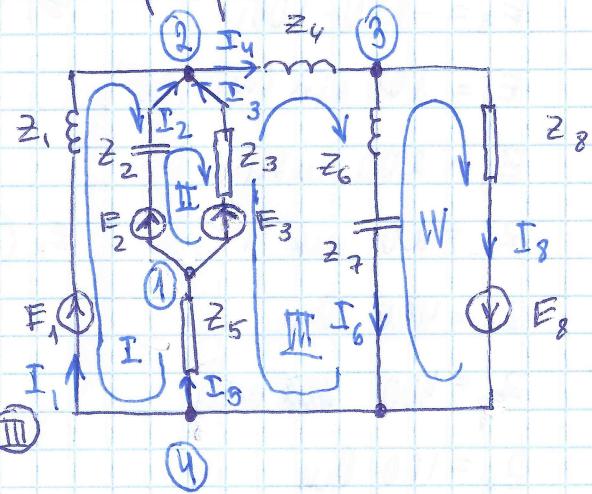
$$I_1 + I_5 = I_6 + I_8 \quad ④$$

$$I_1 \cdot Z_1 - I_2 \cdot Z_2 - I_5 \cdot Z_5 = E_1 - E_2 \quad ①$$

$$I_2 \cdot Z_2 - I_3 \cdot Z_3 = E_2 - E_3 \quad ②$$

$$I_5 \cdot Z_5 + I_3 \cdot Z_3 + I_4 \cdot Z_4 + I_6 (Z_6 + Z_7) = E_3 \quad ③$$

$$I_8 \cdot Z_8 - I_6 (Z_6 + Z_7) = E_8 \quad ④$$



$$I_2 + I_3 = I_5$$

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4$$

$$I_1 + I_5 = I_6 + I_8$$

$$I_1 \cdot 400j + I_2 \cdot 25j - I_5 \cdot 100 = -100 - 800 - 100j$$

$$-I_2 \cdot 25j - 400 I_3 = 200 + 200j + 200 + 200j$$

$$I_5 \cdot 100 + I_3 \cdot 400 + I_4 \cdot 800j + I_6 (200j - 50j) = -200 - 200j$$

$$I_8 \cdot 200 - I_6 (150j) = 100$$

$$I_{2x} + jI_{2y} + I_{3x} + jI_{3y} - I_{5x} - jI_{5y} = 0$$

$$I_{1x} + jI_{1y} - I_{2x} - jI_{2y} + I_{3x} + jI_{3y} - I_{4x} - jI_{4y} = 0$$

$$I_{1x} + jI_{1y} + I_{5x} + jI_{5y} - I_{6x} - jI_{6y} - I_{8x} - jI_{8y} = 0$$

$$400j(I_{1x} + jI_{1y}) + 25j(I_{2x} + jI_{2y}) - 100(I_{5x} + jI_{5y}) = -300 - 200j$$

$$-25j(I_{2x} + jI_{2y}) - 400(I_{3x} + jI_{3y}) = 400 + 400j$$

$$400(I_{3x} + jI_{3y}) + 800j(I_{4x} + jI_{4y}) + 100(I_{5x} + jI_{5y}) + 150j(I_{6x} + jI_{6y}) = -200 - 200j$$

$$+ 150j(I_{6x} + jI_{6y}) + 200(I_{8x} + jI_{8y}) = 100$$

$$I_{2x} + I_{3x} - I_{5x} = 0$$

$$I_{2y} + I_{3y} - I_{5y} = 0$$

$$I_{1x} + I_{2x} + I_{3x} - I_{4x} = 0$$

$$I_{1y} + I_{2y} + I_{3y} - I_{4y} = 0$$

$$I_{1x} + I_{5x} - I_{6x} - I_{8x} = 0$$

$$I_{1y} + I_{5y} - I_{6y} - I_{8y} = 0$$

$$-400 I_{1y} - 25 I_{2y} - 100 I_{5x} = -300$$

$$400 I_{1x} + 25 I_{2x} - 100 I_{5y} = -200$$

$$25 I_{2y} - 400 I_{3x} = 400$$

$$-25 I_{2x} - 400 I_{3y} = 400$$

$$400 I_{3x} - 800 I_{4y} + 100 I_{5x} - 150 I_{6y} = -200$$

$$400 I_{3y} + 800 I_{4x} + 100 I_{5y} + 150 I_{6x} = -200$$

$$+150 I_{6y} + 200 I_{8x} = 100$$

$$-150 I_{6x} + 200 I_{8y} = 0$$

$$\left(\begin{array}{cccccccccc|c} 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -400 & 0 & -25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 400 & 0 & 25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 25 & -400 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -25 & 0 & 0 & 400 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 400 & 0 & -400 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 400 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 400 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} I_{1x} \\ I_{1y} \\ I_{2x} \\ I_{2y} \\ I_{3x} \\ I_{3y} \\ I_{4x} \\ I_{4y} \\ I_{5x} \\ I_{5y} \\ I_{6x} \\ I_{6y} \\ I_{7x} \\ I_{7y} \\ I_{8x} \\ I_{8y} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -300 \\ -200 \\ 400 \\ 400 \\ -200 \\ -200 \\ 100 \\ 0 \end{array} \right)$$

$$I_{1x} = I_{1y} = 25x + 25y = 25(I_{2x} + I_{2y}) = 25(I_{3x} + I_{3y}) = 25(I_{4x} + I_{4y}) = 25(I_{5x} + I_{5y}) = 25(I_{6x} + I_{6y}) = 25(I_{7x} + I_{7y}) = 25(I_{8x} + I_{8y})$$

$$I_{1x} = -0,76$$

$$I_{1y} = 0,42$$

$$I_{2x} = 2,12$$

$$I_{2y} = 0,63$$

$$I_{3x} = -0,86$$

$$I_{3y} = -1,13$$

$$I_{4x} = 0,4$$

$$I_{4y} = -0,08$$

$$I_{5x} = 1,16$$

$$I_{5y} = -0,51$$

$$I_{6x} = -0,11$$

$$I_{6y} = -0,006$$

$$I_{7x} = 0,5$$

$$I_{7y} = -0,09$$

$$I_1 = -0,76 + 0,42j$$

$$I_2 = 2,12 + 0,63j$$

$$I_3 = -0,86 - 1,13j$$

$$I_4 = 0,4 - 0,08j$$

$$I_5 = 1,16 - 0,51j$$

$$I_6 = -0,11 - 0,006j$$

$$I_7 = 0,5 - 0,09j$$

③ Рассчитать значение активной мощности

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

$$P_{R_3} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{0,96^2 + 1,13^2} \right)^2 \cdot 400 = 439,2$$

$$P_{R_5} = \frac{1}{2} (1,16^2 + 0,51^2) \cdot 100 = 80,285$$

$$P_{R_8} = \frac{1}{2} (0,5^2 + 0,08^2) \cdot 200 = 25,64$$

$$P_{cp} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \oint \vec{U}_m \cdot \vec{I}_m^* \oint$$

$$P_{E_1} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \oint 100 (-0,76 - 0,42j) \oint = \frac{1}{2} (-26) = -38$$

$$P_{E_2} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \oint (-200 - 200j) (2,12 - 0,63j) \oint = \frac{1}{2} (-424 - 126) = -275$$

$$P_{E_3} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \oint (200 + 200j) (-0,96 + 1,13j) \oint = \frac{1}{2} (-192 - 226) = -209$$

$$P_{E_8} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \oint -100 (0,5 + 0,08j) \oint = -25$$

$$\sum_{E_i} P_{cp} = -547$$

$$\sum_{y_i} P_{cp} = 0 \quad (\text{ac. тока нет})$$

Баланс оставляет остаток.

$$\sum_{R_i} P_{cp} + \sum_{E_i} P_{cp} + \sum_{y_i} P_{cp} = 545,625 - 547 = -1,375$$

(б. силь отрицательный заряд при положительном токе (направлено вправо) = ток неизвестен перво

$$\text{Ост.: } \vec{I}_1 = -0,76 + 0,42j$$

$$\vec{I}_2 = 2,12 + 0,63j$$

$$\vec{I}_3 = -0,96 - 1,13j$$

$$\vec{I}_4 = 0,4 - 0,08j$$

$$\vec{I}_5 = 1,16 - 0,51j$$

$$\vec{I}_6 = -0,11 - 0,006j$$

$$\vec{I}_8 = 0,5 - 0,08j$$