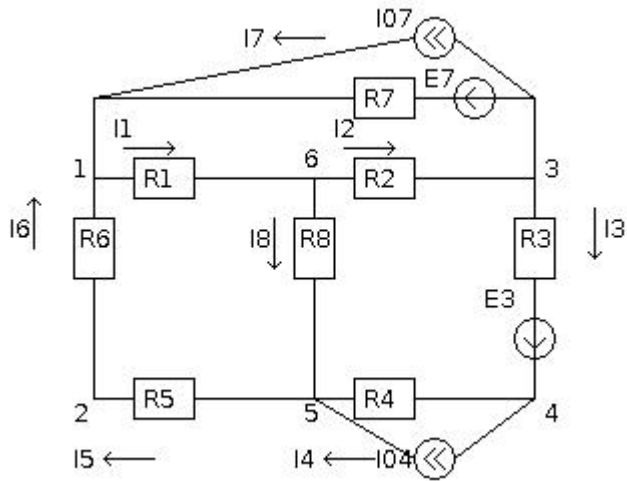


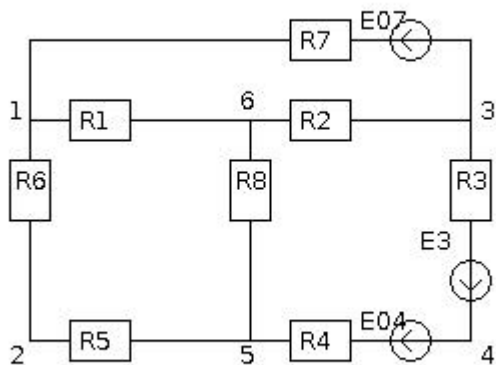
Типовой расчет №1

Исходные данные



$$\begin{array}{llll} R_1 = 390 \text{ Ом} & R_2 = 290 \text{ Ом} & R_3 = 530 \text{ Ом} & R_4 = 370 \text{ Ом} \\ R_5 = 720 \text{ Ом} & R_6 = 340 \text{ Ом} & R_7 = 410 \text{ Ом} & R_8 = 940 \text{ Ом} \\ E_3 = 900 \text{ В} & I_{04} = 5 \text{ А} & E_7 = 200 \text{ В} & I_{07} = 8 \text{ А} \end{array}$$

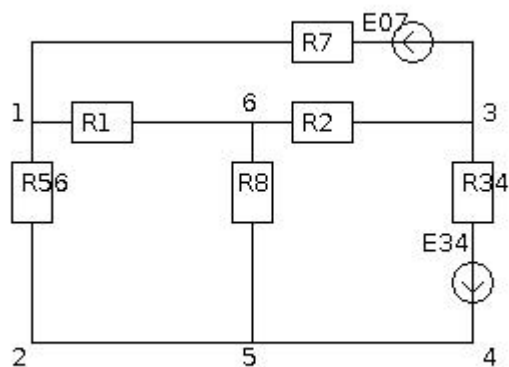
Преобразуем источники тока в источники напряжения



$$E_{04} = R_4 * I_{04} = 370 * 5 = 1850 \text{ В}$$

$$E_{07} = R_7 * I_{07} + E_7 = 410 * 8 + 200 = 3480 \text{ В}$$

Объединим последовательные резисторы

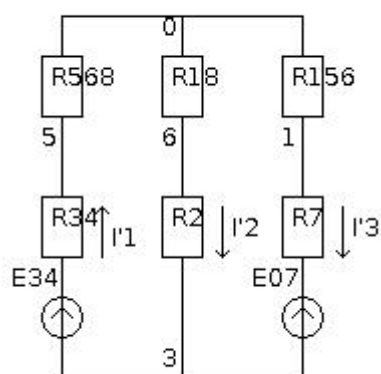


$$R_{34} = R_3 + R_4 = 530 + 370 = 900 \text{ Ом}$$

$$R_{56} = R_5 + R_6 = 720 + 340 = 1060 \text{ Ом}$$

$$E_{34} = E_3 + E_{04} = 2750 \text{ В}$$

Преобразуем треугольник 1-6-5 в звезду

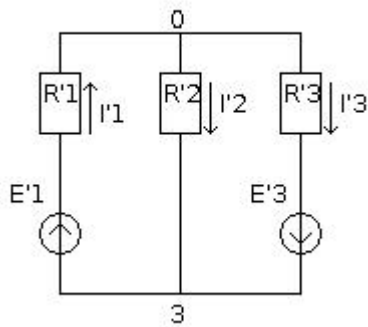


$$R_{568} = \frac{R_{56} * R_8}{R_1 + R_{56} + R_8} = \frac{1060 * 940}{390 + 1060 + 940} = 416.9 \text{ Ом}$$

$$R_{18} = \frac{R_1 * R_8}{R_1 + R_{56} + R_8} = \frac{390 * 940}{390 + 1060 + 940} = 153.39 \text{ Ом}$$

$$R_{156} = \frac{R_1 * R_{56}}{R_1 + R_{56} + R_8} = \frac{390 * 1060}{390 + 1060 + 940} = 172.97 \text{ Ом}$$

Объединим последовательные источники напряжения и резистры



$$R'_1 = R_{568} + R_{34} = 416.9 + 900 = 1316.9 \text{ Ом}$$

$$R'_2 = R_{18} + R_2 = 153.39 + 290 = 443.39 \text{ Ом}$$

$$R'_3 = R_{156} + R_7 = 172.97 + 410 = 582.97 \text{ Ом}$$

$$E'_1 = E_{34} = 2750 = 2750 \text{ В}$$

$$E'_3 = -E_7 = -3480 = -3480 \text{ В}$$

Используя метод двух узлов найдем напряжение U_{03}

Примем потенциал узла 3 равным нулю $\varphi_3=0$.

Тогда напряжение U_{03} будет направлено из точки с большим потенциалом, к точке с меньшим.

Составим узловое уравнение для узла 0

$$\varphi_0 (g_1 + g_2 + g_3) - \varphi_3 (g_1 + g_2 + g_3) = E'_1 g_1 - E'_3 g_3$$

$$g_1 = \frac{1}{Z'_1} = \frac{1}{1316.9} = 0.0008 \text{ См}$$

$$g_2 = \frac{1}{Z'_2} = \frac{1}{443.39} = 0.002 \text{ См}$$

$$g_3 = \frac{1}{Z'_3} = \frac{1}{582.97} = 0.0017 \text{ См}$$

Определим напряжение U_{03} между узлами

$$U_{03} = \varphi_0 - \varphi_3$$

Так как $\varphi_3 = 0$, то

$$U_{03} = \varphi_0 = \frac{E'_1 g_1 - E'_3 g_3}{g_1 + g_2 + g_3} = \frac{2750 * 0.0008 - (-3480 * 0.0017)}{0.0008 + 0.002 + 0.0017} = 1703.5 \text{ В}$$

Определим токи на основании 2-го закона Кирхгофа

$$U_{03} = E'_1 - R'_1 * I'_1$$

$$U_{03} = R'_2 * I'_2$$

$$U_{03} = R'_3 * I'_3 - E'_3$$

$$I'_1 = I_3 = \frac{E'_1 - U_{03}}{R'_1} = \frac{2750 - 1703.5}{1316.9} = 0.795 \text{ А}$$

$$I_4 = I'_1 - I_{04} = 0.795 - 5 = -4.205 \text{ A}$$

$$I'_2 = I_2 = \frac{U_{03}}{R'_2} = \frac{1703.5}{443.39} = 3.842 \text{ A}$$

$$I'_3 = \frac{E'_3 + U_{03}}{R'_3} = \frac{-3480 + 1703.5}{582.97} = -3.047 \text{ A}$$

$$I_7 = I'_3 - I_{07} = -3.047 - 8 = -4.953 \text{ A}$$

Определим напряжение между узлами 1,6,5

$$U_{65} = -R_{18} * I'_1 - R_{568} * I'_1 = -153.39 * 0.795 - 416.9 * 0.795 = -920.62 \text{ В}$$

$$U_{16} = -R_{156} * I'_3 + R_{18} * I'_2 = -172.97 * (-3.047) + 153.39 * 3.842 = 1116.42 \text{ В}$$

$$U_{51} = R_{568} * I'_1 + R_{156} * I'_3 = 416.9 * 0.795 + 172.97 * (-3.047) = -195.8 \text{ В}$$

Найдем оставшиеся токи

$$I_8 = \frac{U_{65}}{R_8} = \frac{-920.62}{940} = -0.979 \text{ A}$$

$$I_1 = \frac{U_{16}}{R_1} = \frac{1116.42}{390} = 2.863 \text{ A}$$

$$I_5 = I_6 = \frac{U_{51}}{R_5 + R_6} = \frac{-195.8}{720 + 340} = -0.185 \text{ A}$$

5. Найдем напряжение U_{26} согласно варианту

$$U_{26} = R_6 * I_6 + R_1 * I_1 = 340 * (-0.185) + 390 * 2.863 = 1053.62$$

6. Определим суммарную мощность всех источников энергии и суммарную мощность всех приёмников энергии

$$P_{\text{ист}} = +E_3 * I_3 - I_{04} * R_4 * I_4 + E_7 * I_7 - I_{07} * (R_7 * I_7 - E_7) =$$

$$= +900 * 0.795 - 5 * 370 * (-4.205) + 200 * (-4.953) - 8 * (410 * (-4.953) - 200) = 25349.3 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{пр}} = I_1^2 * R_1 + I_2^2 * R_2 + I_3^2 * R_3 + I_4^2 * R_4 + I_5^2 * R_5 + I_6^2 * R_6 + I_7^2 * R_7 + I_8^2 * R_8 =$$

$$= +2.863^2 * 390 + 3.842^2 * 290 + 0.795^2 * 530 + (-4.205)^2 * 370 + (-0.185)^2 * 720 + (-0.185)^2 * 340 +$$

$$(-4.953)^2 * 410 + (-0.979)^2 * 940 = 25349.3 \text{ Вт}$$

7. Определим токи в ветвях с помощью законов Киргофа

$$\begin{cases} -I_1 + I_6 + I_7 = -I_{07} \\ I_1 - I_2 - I_8 = 0 \\ I_2 - I_3 - I_7 = +I_{07} \\ I_3 - I_4 = +I_{04} \\ I_4 - I_5 + I_8 = -I_{04} \\ R_1 * I_1 + R_5 * I_5 + R_6 * I_6 + R_8 * I_8 = 0 \\ R_2 * I_2 + R_3 * I_3 + R_4 * I_4 - R_8 * I_8 = +E_3 \\ R_1 * I_1 + R_2 * I_2 + R_7 * I_7 = +E_7 \end{cases}$$

Решая систему получим

$$I_1 = 2.863 \text{ A}$$

$$I_2 = 3.842 \text{ A}$$

$$I_3 = 0.795 \text{ A}$$

$$I_4 = -4.205 \text{ A}$$

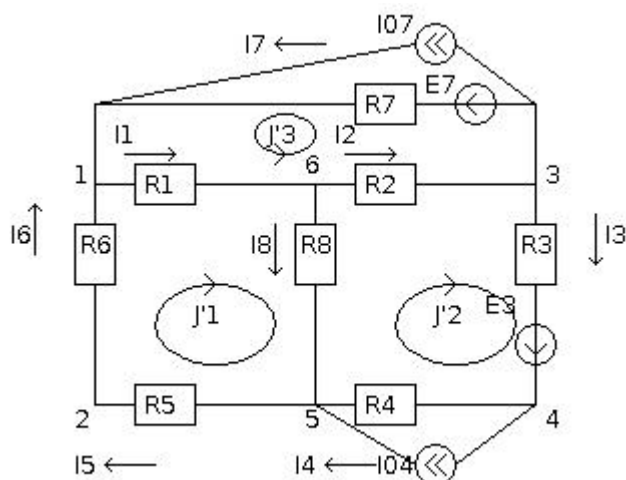
$$I_5 = -0.185 \text{ A}$$

$$I_6 = -0.185 \text{ A}$$

$$I_7 = -4.953 \text{ A}$$

$$I_8 = -0.979 \text{ A}$$

8. Определим токи в ветвях методом контурных токов



Составим систему из трёх уравнений чтобы найти контурные токи

$$\begin{cases} J_1(R_1 + R_5 + R_6 + R_8) - J_2 * R_8 + J_3 * R_1 = 0 \\ -J_1 * R_8 + J_2(R_2 + R_3 + R_4 + R_8) + J_3 * R_2 - I_{04} * R_4 = +E_3 \\ J_1 * R_1 + J_2 * R_2 + J_3(R_1 + R_2 + R_7) - I_{07} * R_7 = +E_7 \end{cases}$$

$$I_1 = J_1 + J_3$$

$$I_2 = J_2 + J_3$$

$$I_3 = J_2$$

$$I_4 = J_2 - I_{04}$$

$$I_5 = J_1$$

$$I_6 = J_1$$

$$I_7 = J_3 - I_{07}$$

$$I_8 = J_1 - J_2$$

9. Проведем расчет схемы методом узловых потенциалов

$$\begin{cases} I_{1y} = +\varphi_1 * g_{11} - \varphi_2 * g_{12} - \varphi_3 * g_{13} - \varphi_4 * g_{14} - \varphi_6 * g_{16} \\ I_{2y} = -\varphi_1 * g_{21} + \varphi_2 * g_{22} - \varphi_3 * g_{23} - \varphi_4 * g_{24} - \varphi_6 * g_{26} \\ I_{3y} = -\varphi_1 * g_{31} - \varphi_2 * g_{32} + \varphi_3 * g_{33} - \varphi_4 * g_{34} - \varphi_6 * g_{36} \\ I_{4y} = -\varphi_1 * g_{41} - \varphi_2 * g_{42} - \varphi_3 * g_{43} + \varphi_4 * g_{44} - \varphi_6 * g_{46} \\ I_{6y} = -\varphi_1 * g_{61} - \varphi_2 * g_{62} - \varphi_3 * g_{63} - \varphi_4 * g_{64} + \varphi_6 * g_{66} \end{cases}$$

$$g_{11} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_7}$$

$$g_{12} = g_{21} = \frac{1}{R_6}$$

$$g_{13} = g_{31} = \frac{1}{R_7}$$

$$g_{14} = g_{41} = 0$$

$$g_{16} = g_{61} = \frac{1}{R_1}$$

$$g_{22} = \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6}$$

$$g_{23} = g_{32} = 0$$

$$g_{24} = g_{42} = 0$$

$$g_{26} = g_{62} = 0$$

$$g_{33} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_7}$$

$$g_{34} = g_{43} = \frac{1}{R_3}$$

$$g_{36} = g_{63} = \frac{1}{R_2}$$

$$g_{44} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$g_{46} = g_{64} = 0$$

$$g_{66} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_8}$$

$$I_{1y} = + \frac{E_7}{R_7} + I_{07}$$

$$I_{2y} = 0$$

$$I_{3y} = - \frac{E_3}{R_3} - \frac{E_7}{R_7} - I_{07}$$

$$I_{4y} = + \frac{E_3}{R_3} - I_{04}$$

$$I_{6y} = 0$$

Решая полученную систему найдем потенциалы

По закону Ома вычислим токи

$$I_1 = \frac{\varphi_1 - \varphi_6}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{\varphi_6 - \varphi_3}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{\varphi_3 - \varphi_4 + E_3}{R_3}$$

$$I_4 = \frac{\varphi_4 - \varphi_5}{R_4}$$

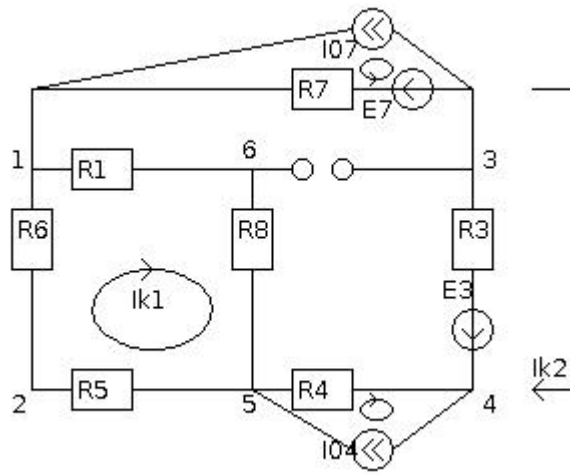
$$I_5 = \frac{\varphi_5 - \varphi_2}{R_5}$$

$$I_6 = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{R_6}$$

$$I_7 = \frac{\varphi_3 - \varphi_1 + E_7}{R_7}$$

$$I_8 = \frac{\varphi_6 - \varphi_5}{R_8}$$

10. Определим ток в R_2 методом эквивалентного генератора напряжения

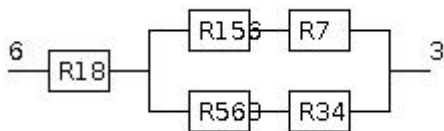
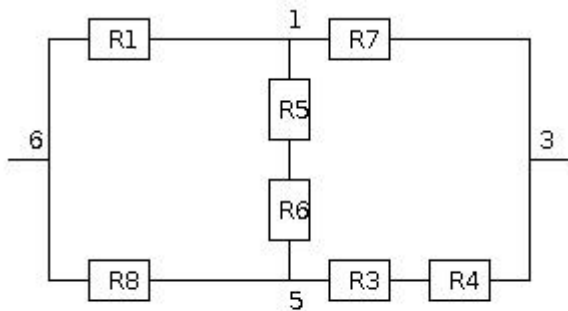


$$\begin{cases} I_{k1}(R_1+R_5+R_6+R_8)+I_{k2}(R_5+R_6)=0 \\ I_{k1}(R_5+R_6)+I_{k2}(R_3+R_4+R_5+R_6+R_7)-I_{04}*R_4+I_{07}*R_7=E_3-E_7 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{k1}*2390+I_{k2}*1060=0 \\ I_{k1}*1060+I_{k2}*2370=-730 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{k1}=0.170 \\ I_{k2}=-0.384 \end{cases}$$

$$U_{63xx}=I_{k1}*R_8-(I_{k2}-I_{04})*R_4-I_{k2}*R_3+E_3=3256.002 \text{ B}$$



$$R_{18} = \frac{R_1 * R_8}{R_1 + R_8 + R_5 + R_6} = \frac{390 * 940}{390 + 940 + 720 + 340} = 153.39 \text{ OM}$$

$$R_{156} = \frac{R_1 * (R_5 + R_6)}{R_1 + R_8 + R_5 + R_6} = \frac{390 * (720 + 340)}{390 + 940 + 720 + 340} = 172.97 \text{ OM}$$

$$R_{568} = \frac{R_8 * (R_5 + R_6)}{R_1 + R_8 + R_5 + R_6} = \frac{940 * (720 + 340)}{390 + 940 + 720 + 340} = 416.9 \text{ OM}$$

$$R_{\Gamma} = R_{18} + \frac{(R_{156} + R_7) * (R_{568} + R_3 + R_4)}{R_{156} + R_7 + R_{568} + R_3 + R_4} =$$

$$= 153.39 + \frac{(172.97 + 410) * (416.9 + 530 + 370)}{172.97 + 410 + 416.9 + 530 + 370} = 557.48 \text{ Ом}$$

$$I_2 = \frac{U_{63xx}}{R_{\Gamma} + R_2} = \frac{3256}{557.48 + 290} = 3.842 \text{ А}$$

11. Потенциальная диаграмма

$$\varphi_3 = 0 \text{ В}$$

$$\varphi_{34} = \varphi_3 - R_3 * I_3 = 0 - 530 * 0.795 = -421.17 \text{ В}$$

$$\varphi_4 = \varphi_{34} + E_3 = -421.17 - 900 = 478.83 \text{ В}$$

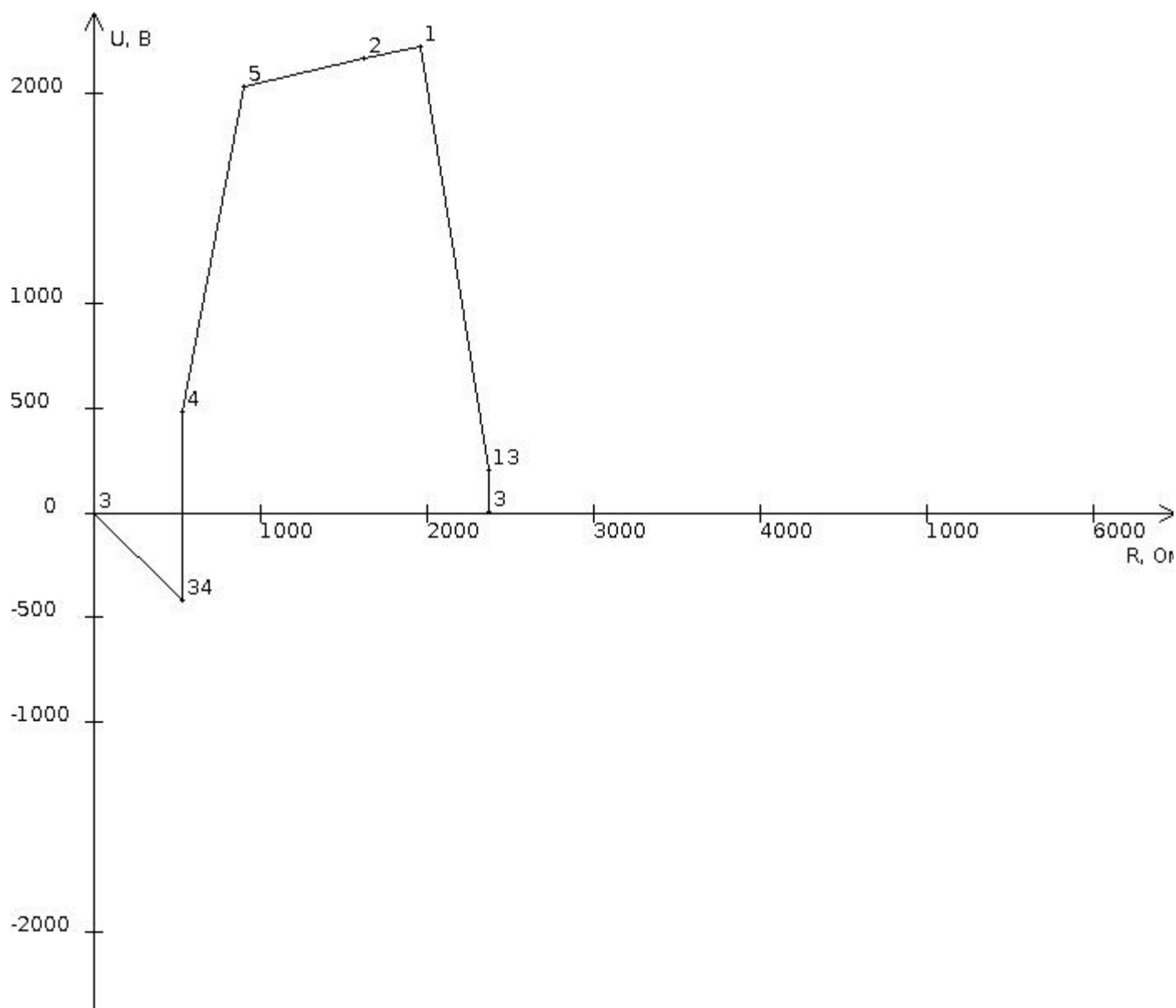
$$\varphi_5 = \varphi_4 - R_4 * I_4 = 478.83 - 370 * (-4.205) = 2034.8 \text{ В}$$

$$\varphi_2 = \varphi_5 - R_5 * I_5 = 2034.8 - 720 * (-0.185) = 2167.79 \text{ В}$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 - R_6 * I_6 = 2167.79 - 340 * (-0.185) = 2230.6 \text{ В}$$

$$\varphi_{13} = \varphi_1 + R_7 * I_7 = 2230.6 + 410 * (-4.953) = 200 \text{ В}$$

$$\varphi_3 = \varphi_{13} - E_7 = 200 + 200 = 0 \text{ В}$$



I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	U_{mn}	U_{xx}	$R_{гех}$	P
2.863	3.842	0.795	-4.205	-0.185	-0.185	-4.953	-0.979	1053.62	3256	557.48	25349.3