

РАСЧЕТ РЕЖИМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ МЕТОДОМ ПРОСТОЙ ИТЕРАЦИИ

Ничипорков И. А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Новиков С.О.

Расчет установившихся режимов электрических систем нужен для того, чтобы знать напряжения и токи в узлах и ветвях, падение и потери напряжения, потокораспределение. Знание этих параметров помогает отражать реальную ситуацию в сетях, а также помогает избежать аварийных режимов, которые могут возникнуть вследствие перегруженности сети, либо наоборот, избавиться от нерационального использования электрических сетей.

1. Составление схемы замещения, определение параметров и нагрузок в узлах

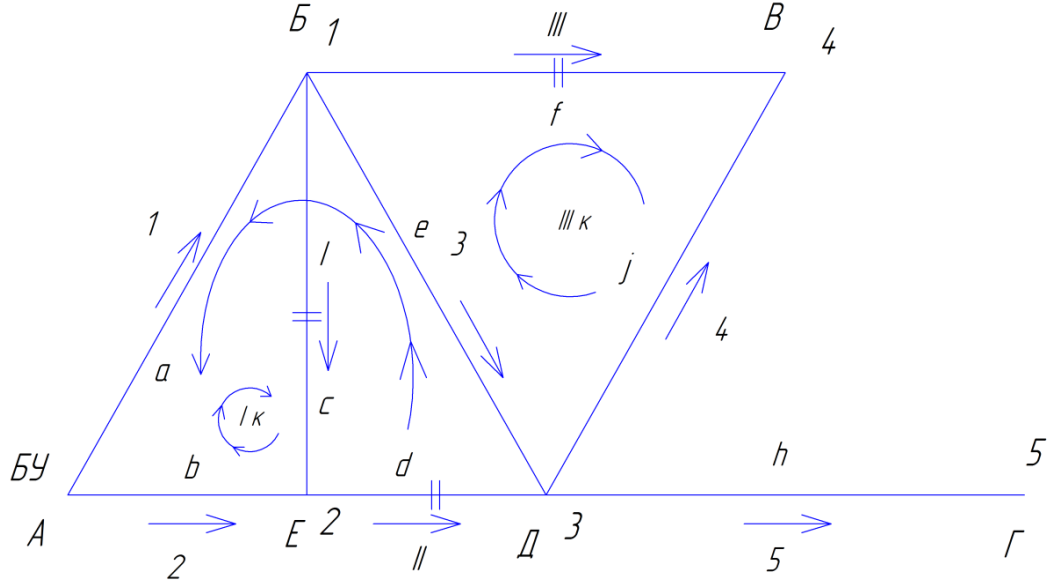


Рисунок 1. Общая схема сети

Параметры схемы сети:

Удельное сопротивление ветвей, Ом/км	$r_0 = 0.2$
Напряжение в балансирующем узле, кВ	$U_{БУ} = 120$
Длины участков, км	52, 31, 53, 40, 27, 54, 25, 54
Мощности в узлах, МВт	0, 35, 33, 60, 66

Найдем диагональную матрицу сопротивлений:

$$Z_b = r_0 \cdot l_i$$

Первая матрица инцидентий:

$$M_{\Sigma} := \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

2. Простая итерация

Закон Ома в матричной форме имеет вид:

$$Y_y \cdot \vec{U}_\Delta = \vec{J}_y \tag{1}$$

где Y_y - матрица узловых проводимостей без учета балансирующего узла;

\vec{U}_Δ - столбец падений напряжений в узлах, относительно балансирующего;

\vec{J}_y - столбец задающих токов.

Организуем итерационный процесс.

$$U_{\text{н}} \equiv Z_{\text{н}} \leftarrow \begin{pmatrix} 10.4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 6.2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10.6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 5.4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10.8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10.8 \end{pmatrix}$$

$$U^{(0)} \leftarrow \begin{pmatrix} 115 \\ 115 \\ 115 \\ 115 \\ 115 \end{pmatrix}$$

$$P \leftarrow \begin{pmatrix} 0 \\ -35 \\ -33 \\ -60 \\ 66 \end{pmatrix}$$

$$M \leftarrow \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$Y_y \leftarrow M \cdot (Z_{\text{н}}^{-1}) \cdot M^T$$

$$Z \leftarrow Y_y^{-1}$$

$$U_{\text{н}} \leftarrow 120$$

```

for i in 1..50
  x ← 0
  for k in 0..4
    U_{k,i} ← U_{\text{н}} + Z_{k,0} \cdot \frac{P_{0,0}}{U_{0,(i-1)}} + Z_{k,1} \cdot \frac{P_{1,0}}{U_{1,(i-1)}} + Z_{k,2} \cdot \frac{P_{2,0}}{U_{2,(i-1)}} + Z_{k,3} \cdot \frac{P_{3,0}}{U_{3,(i-1)}} + Z_{k,4} \cdot \frac{P_{4,0}}{U_{4,(i-1)}}
    x ← x + 1 if [U_{k,i} - U_{k,(i-1)}] < 0.01
  break if x > 5
return U
    
```

	11	12	13	14	15	16	17
1	117.785	117.785	117.785	117.785	117.785	117.785	117.785
2	117.909	117.909	117.909	117.909	117.909	117.909	117.909
3	117.763	117.763	117.763	117.763	117.763	117.763	117.763
4	115.383	115.383	115.383	115.383	115.383	115.383	115.383
5	120.716	120.716	120.716	120.716	120.716	120.716	...

Рисунок 2. Организация итерационного процесса в программе Mathcad.

Результаты расчета для наглядности сведем в таблицу 1

Таблица 1. Результаты расчета напряжений методом простой итерации

	1	2	3	4	5	6	7
$U_{pr} =$	115	117.837	117.783	117.785	117.785	117.785	117.785
	115	117.947	117.907	117.909	117.909	117.909	117.909
	115	117.864	117.76	117.764	117.763	117.763	117.763
	115	115.454	115.381	115.383	115.383	115.383	115.383
	115	120.963	120.706	120.716	120.716	120.716	...

и отобразим в виде графика на рисунке 2.

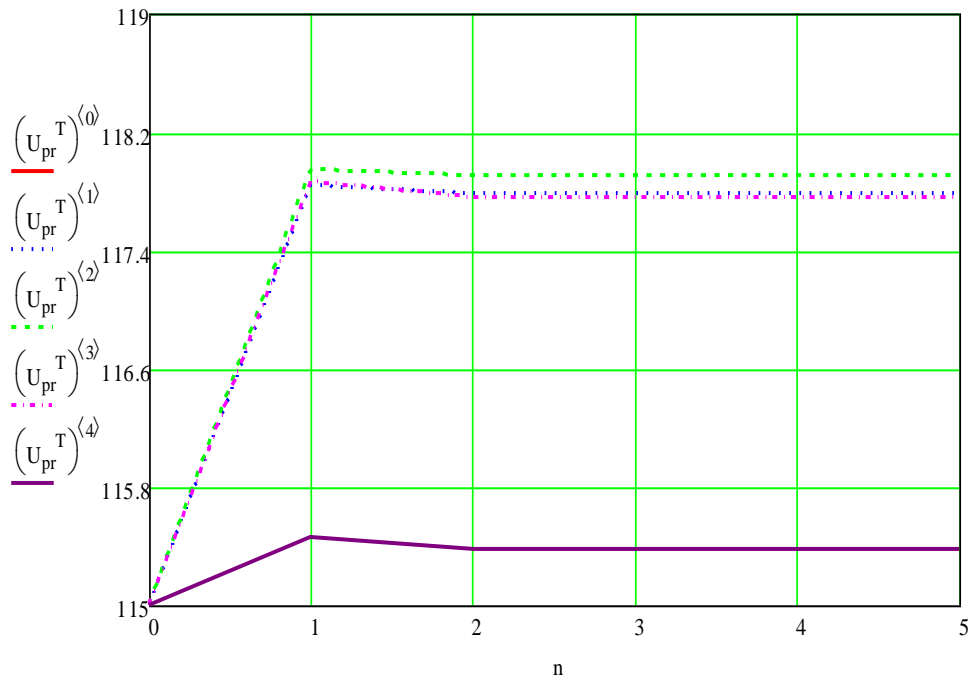


Рисунок 2. График сходимости

Для расчета режима нужно определить:

- 1) Ток в ветвях

$$I_B = \Delta Y_B \cdot M^T \cdot U_\Delta = [0.216 \quad 0.342 \quad 0.0029 \quad 0.298 \quad -0.546 \quad -0.012 \quad 0.032 \quad 0.223]_{\text{кА}}$$

- 2) Падение напряжения в ветвях

$$\Delta U_B = dZ_b \cdot I_B = [2.246 \quad 2.119 \quad 0.032 \quad 2.382 \quad -2.949 \quad -0.127 \quad 0.159 \quad 2.414]_{\text{кВ}}$$

- 3) Приближенные потери мощности

$$\Delta P = I_B \cdot M^T \cdot U_\Delta = [0.485 \quad 0.724 \quad 0.00009 \quad 0.709 \quad 1.61 \quad 0.0014 \quad 0.005 \quad 0.539]_{\text{кВт}}$$

- 4) Токи в узлах

$$J = M \cdot I_B = [-0.0013 \quad -0.298 \quad -0.283 \quad -0.521 \quad 0.546]_{\text{кА}}$$

- 5) Мощность в узлах

$$P = U_{40} \cdot J = [-0.149 \quad -35.162 \quad -33.319 \quad -60.116 \quad 65.89]_{\text{МВт}}$$

- 6) Небаланс мощности составляет менее 1%.