

УДК 621.31

## РАСЧЁТ РЕЖИМА ЗАМКНУТОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЗЛОВЫХ УРАВНЕНИЙ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ С МАТРИЦЕЙ ZU ПРИ ЗАДАНИИ ЧАСТИ УЗЛОВ АКТИВНОЙ МОЩНОСТЬЮ И МОДУЛЕМ НАПРЯЖЕНИЯ

Зайцев П.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Мышковец Е.В.

Метод Зейделя был первым методом, примененным для расчета установившихся режимов ЭЭС на ЭВМ. Простота алгоритмической реализации, малый объем вычислений на каждом шаге, незначительная потребность оперативной памяти и приемлемая для широкого круга задач сходимость метода позволили даже на первых моделях ЭВМ рассчитывать режимы сетей, содержащих сотни узлов.

Уравнение напряжения, используемое в итерационном процессе:

$$U_i^{*k+1} = \frac{1}{Y_{ii}^*} \left( \frac{S_i^*}{U_i^{(k)}} + Y_{i\delta} U_\delta + \sum_{j=1}^{i-1} Y_{ij} U_j^{*k+1} + \sum_{j=i+1}^n Y_{ij} U_j^{*k} \right), \tag{1}$$

$$1 \leq i \leq n$$

Процесс расчёта считается законченным если:

$$\Delta U^{(k+1)} = |U_i^{(k+1)} - U_i^{(k)}| \leq \varepsilon, \tag{2}$$

$\varepsilon$  – требуемая точность;

Учёт опорных узлов типа P, U-const.

В части генераторных узлов ЭЭС необходимо учесть заданные активную мощность P и модуль напряжения, которые регулируются и могут быть фиксированными (опорные узлы типа P, U). Такие узлы, представляющие большинство генераторов электростанций с первичным регулированием частоты, являются базисными по напряжению и балансирующими по реактивной мощности Q, пределы изменения которой (располагаемая реактивная мощность):

$$Q_i^{\min} \leq Q_i \leq Q_i^{\max}, \tag{3}$$

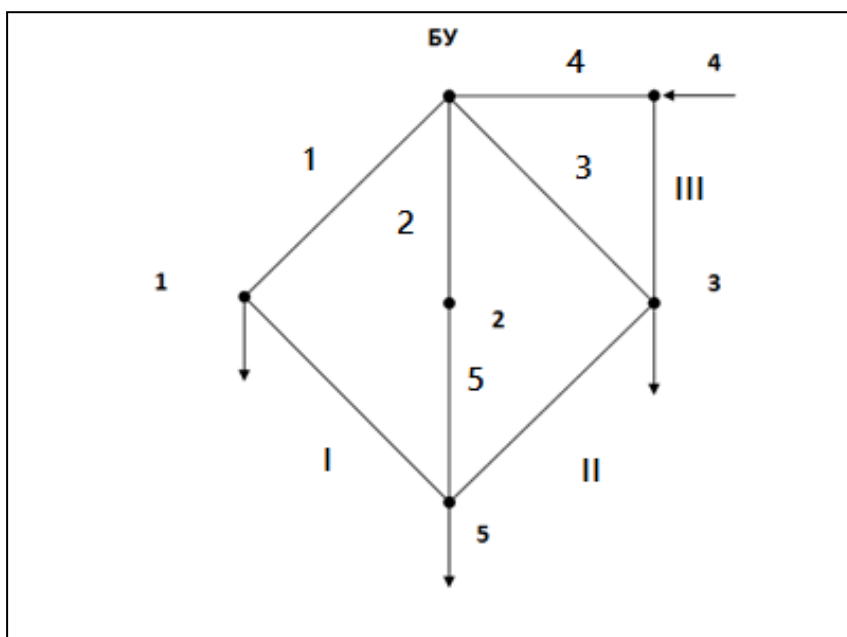


Таблица 1. Параметры линий сети

№ ветви или хорды	1	2	3	4	5	I	II	III
Марка провода	АС 95/16	АС 240/32	АС 240/32	АС 185/29	АС 120/19	АС 120/19	АС 185/29	АС 150/24
$r_0$ , Ом/км	0,306	0,121	0,121	0,162	0,249	0,249	0,162	0,198
$x_0$ , Ом/км	0,434	0,405	0,405	0,413	0,427	0,427	0,413	0,420
Длина линии, км	32	26	26	36	51	53	39	40

$$P := \begin{pmatrix} 10 \\ 0 \\ 23 \\ -20 \\ 25 \end{pmatrix} \quad Q := \begin{pmatrix} 5 \\ 0 \\ 7 \\ -10 \\ 19 \end{pmatrix} \quad U := \begin{pmatrix} 110 \\ 110 \\ 110 \\ 117 \\ 110 \end{pmatrix}$$

Рисунок 2. Нагрузки и напряжения в узлах

Проведём расчёт итерационным методом и покажем первую итерацию:

$$U_1 = \frac{1}{Y_{y1,1}} \cdot \left( -\frac{S_{1,1}}{U_{1,n}} - Y_{\Sigma 6,1} \cdot U_{\bar{o}y} - \sum_{k=2}^5 (Y_{y1,k} \cdot U_{k,n}) \right) = 114.554 - 0.342j ;$$

$$U_2 = \frac{1}{Y_{y2,2}} \cdot \left( -\frac{S_{2,1}}{U_{2,n}} - Y_{\Sigma 6,2} \cdot U_{\bar{o}y} - \sum_{k=1}^1 (Y_{y2,k} \cdot U_{k,n+1}) - \sum_{k=3}^5 (Y_{y2,k} \cdot U_{k,n}) \right) = 116.289 - 0.453j ;$$

$$U_3 = \frac{1}{Y_{y3,3}} \cdot \left( -\frac{S_{3,1}}{U_{3,n}} - Y_{\Sigma 6,3} \cdot U_{\bar{o}y} - \sum_{k=1}^2 (Y_{y3,k} \cdot U_{k,n+1}) - \sum_{k=4}^5 (Y_{y3,k} \cdot U_{k,n}) \right) = 115.244 - 0.958j ;$$

$$U_4 = const ;$$

$$U_5 = \frac{1}{Y_{y5,5}} \cdot \left( -\frac{S_{5,1}}{U_{5,n}} - Y_{\Sigma 6,5} \cdot U_{\bar{o}y} - \sum_{k=1}^4 (Y_{y1,k} \cdot U_{k,n+1}) \right) = 113.442 - 1.564j$$

После расчёты мы получим такие результаты:

$$\begin{aligned}
 |U_{1,9} - U_{1,10}| &= 8.234 \cdot 10^{-4} & U_1 &= 116.664 \text{кВ} \\
 |U_{2,9} - U_{2,10}| &= 6.245 \cdot 10^{-4} & U_2 &= 118 \text{кВ} \\
 |U_{3,9} - U_{3,10}| &= 5.94 \cdot 10^{-4} & U_3 &= 116.833 \text{кВ} \\
 |U_{4,9} - U_{4,10}| &= 0 & U_4 &= 117 \text{кВ} \\
 |U_{5,9} - U_{5,10}| &= 6.975 \cdot 10^{-4} & U_5 &= 115.335 \text{кВ}
 \end{aligned}$$

Построим график сходимости итерационного процесса:

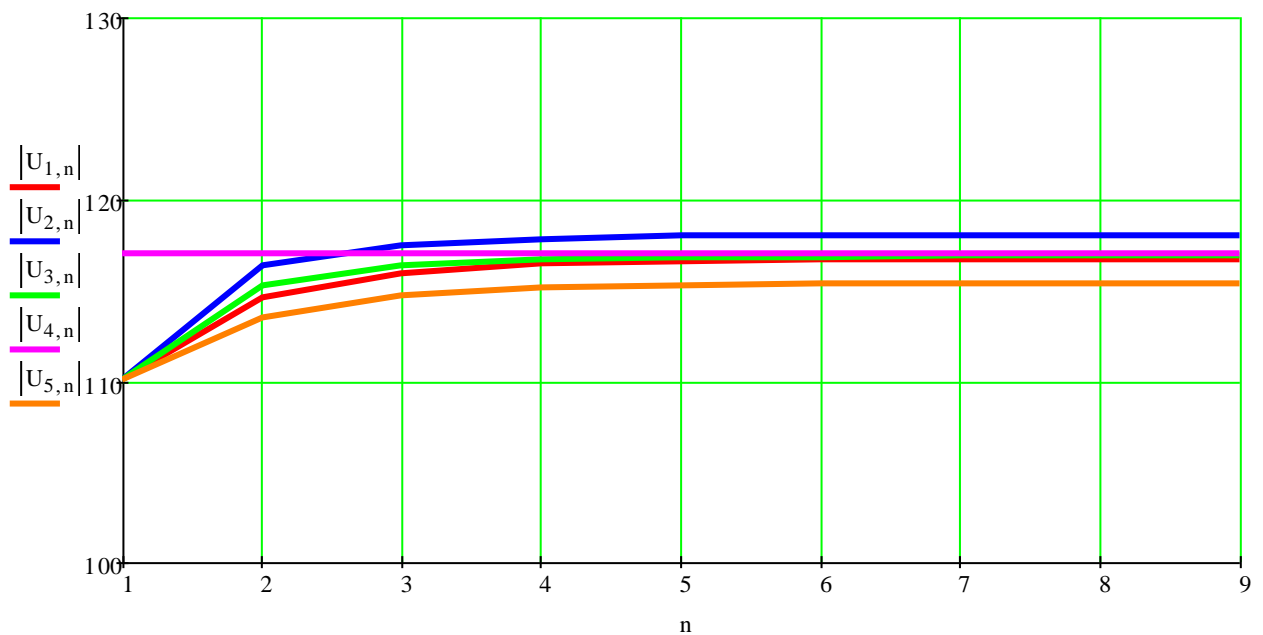


Рисунок 5. График сходимости итерационного процесса

Результаты расчётов полученные с помощью программы RastrWin:

	O	S	Тип	Номер	Н...	U_ном	Район	P_н	Q_н	P_г	Q_г	V_зд	Q_min	Q_max	B_ш	V	Delta	Тер...	U
1	<input type="checkbox"/>		База	11	БУ	119				59,4	43,8					119,00			119
2	<input type="checkbox"/>		Нагр	1	А	110		30,0	5,0							115,53	-1,41		115.5-12.9
3	<input type="checkbox"/>		Нагр	2	В	110										117,93	-0,46		117.9-11
4	<input type="checkbox"/>		Нагр	3	Д	110		23,0	7,0							116,96	-0,64		117-11.3
5	<input type="checkbox"/>		Ген	4	Е	110				20,0	-10,0	117,0	-10,0	10,0		117,00	0,48		117+11
6	<input type="checkbox"/>		Нагр	5	Г	110		25,0	19,0							115,05	-1,24		115-12.5

Рисунок 6. Результаты расчётов программой RastrWin

### Литература

1. Герасименко, А.А. Передача и распределение электрической энергии /А.А. Герасименко, В.Т. Федин- 2-е изд. Ростов-на-Дону: Феникс, 2008.-716с.