


**Расчет токов КЗ
в программном комплексе
АРМ-СРЗА ПК Бриз**

Фролова Екатерина Игоревна

Объем курса по предмету РТКЗ в ПК АРМ СРЗА

***Практики (8)**  Подготовка схем и оценка корректности результатов комплекса электрических величин, связанных с КЗ

Лабораторные работы(8)  Обучение навыкам работы в программном комплексе АРМ СРЗА

Система оценки работы студента по курсу:

Практики – 8 баллов;

Лабораторные работы – 16 баллов + 8 баллов;

Контрольные работы – 8 баллов;

РГР – 20 баллов;

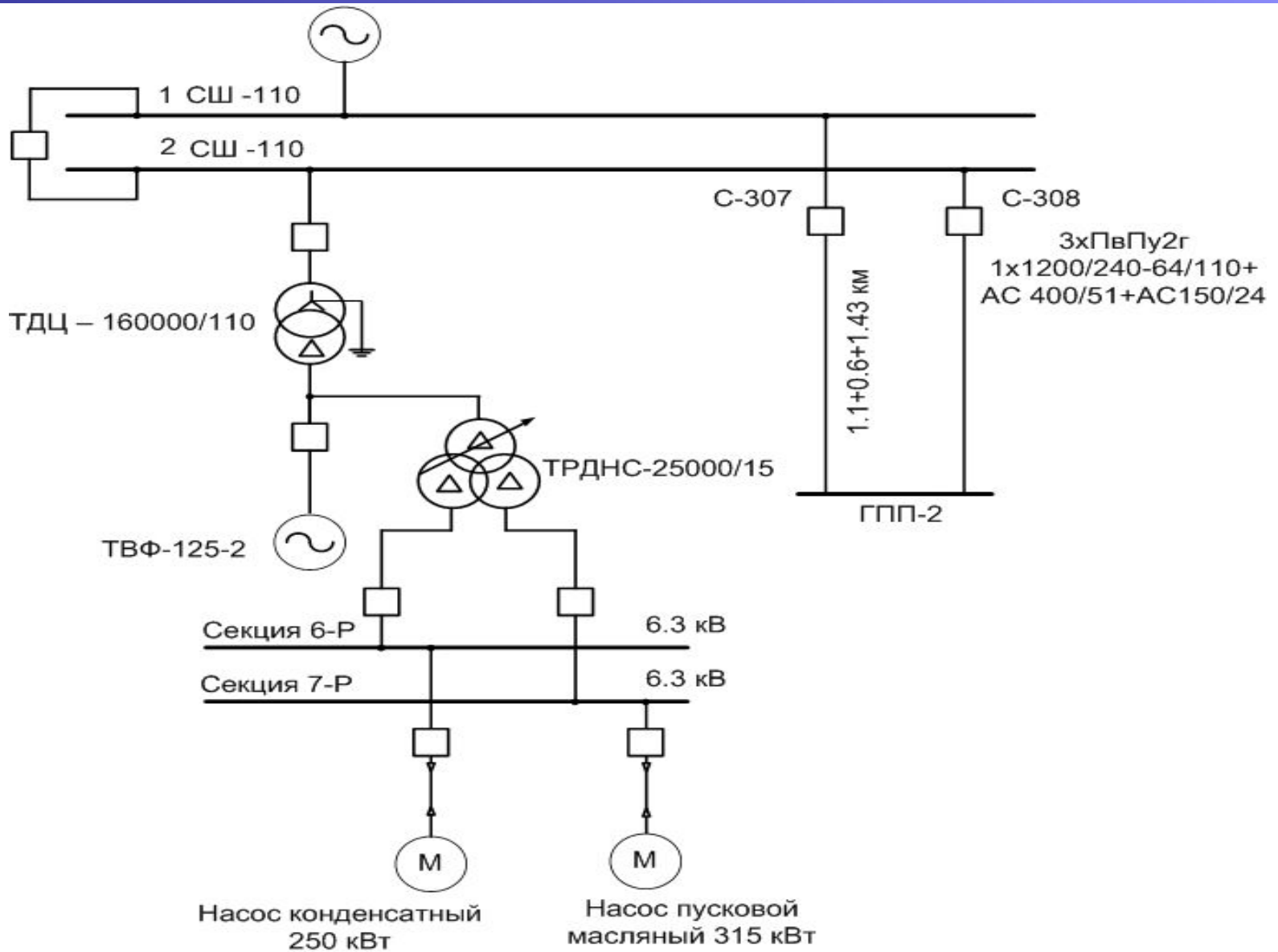
Зачет – 40 баллов.

Данный комплекс программ АРМ СРЗА состоит из 10 приложений:

- Графический редактор схем замещения электрической сети;
- Программа подготовки файла коррекции;
- Программа расчета электрических величин при повреждениях сети;
- Программа расчета ТКЗ по месту повреждения;
- Релейная защита;
- Программа расчета эквивалентов сети;
- Программа создания новой сети на базе эквивалента;
- Программа расчета параметров производной схемы замещения повреждений любой сложности;
- Программа построения таблиц ОМП;
- Программы определения мест повреждений ОМП.

1. **Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. РД 153-34.0-20.527-98.**
2. **Руководящие указания по релейной защите/ Выпуск 11. Расчет токов короткого замыкания для релейной защиты и системной автоматики 110-750 кВ. - М.: Энергия, 1979. - 152 с. ил.**
3. **Ульянов С. А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. М.-Л., издательство “Энергия”. 1964. 702 с. с черт. и ил.**
4. **Беляев Е. Н. Как рассчитать ток короткого замыкания. – 2-е изд. перераб. и доп.-М.: Энергоатомиздат, 1983. – 136 с., ил.**

Принципиальная схема блока генератор – трансформатор мощностью 125 МВА



Исходные данные

Генератор ТВФ-125-2:

$$P_{\text{ном}} = 125 \cdot \text{МВт}, U_{\text{ном}} = 10.5 \cdot \text{кВ}, I_{\text{ном}} = 8086 \cdot \text{А}, \cos \varphi = 0.85, x_d'' = 0.195 \cdot \text{о.е.}, X_2 = 0.238 \cdot \text{о.е.}$$

Трансформатор блока ТДЦ-160000:

$$S_{\text{ном}} = 160 \cdot \text{МВА}, U_{\text{ном}} = 121/10.5 \cdot \text{кВ}, U_k = 10.5\%, P_{\text{кз}} = 550 \cdot \text{кВт.}$$

Трансформатор собственных нужд типа ТРДНС-25000/10.5-У1:

$$S_{\text{ном}} = 25/12.5 - 12.5 \cdot \text{МВА}, U_{\text{ном}} = 10.5 \pm 8 \times 1.5\% / 6.3 - 6.3 \cdot \text{кВ}, U_k = 10.5\%, P_{\text{кз}} = 115 \cdot \text{кВт.}$$

Суммарный ток на шинах 110 кВ:

$$\text{Ток трёхфазного КЗ } I_{\text{КЗ}}^{(3)} = 21990 \cdot \text{А}, \text{Ток однофазного КЗ } I_{\text{КЗ}}^{(1)} = 26710 \cdot \text{А.}$$

Удельные параметры кабеля и сталеалюминиевого провода ЛЭП-110:

$$\text{ПвПу2г1х1200/240-64/110: } Z_1 = 0.022 + j0.15 \cdot \text{Ом/км}, Z_0 = 0.114 + j0.047 \cdot \text{Ом/км};$$

$$\text{АС-400/51: } Z_1 = 0.078 + j0.387 \cdot \text{Ом/км}, Z_0 = 0.305 + j1.163 \cdot \text{Ом/км};$$

$$\text{АС-150/24: } Z_1 = 0.21 + j0.42 \cdot \text{Ом/км}, Z_0 = 0.404 + j1.414 \cdot \text{Ом/км};$$

Сопротивление взаимной индукции принято унифицированным для линий 110 кВ и равным:

$$X_m = 0.952 \cdot \text{Ом/км.}$$

Основные параметры электродвигателей механизмов собственных нужд:

$$\text{Насос пусковой масляный: } P_{\text{ном}} = 315 \cdot \text{кВт}, U_{\text{ном}} = 6 \cdot \text{кВ}, k_{\text{ш}} = 6, \cos \varphi = 0.9, \eta = 0.95 \cdot \text{о.е.};$$

$$\text{Насос конденсатный конденсатора: } P_{\text{ном}} = 250 \cdot \text{кВт}, U_{\text{ном}} = 6 \cdot \text{кВ}, k_{\text{ш}} = 5.5, \cos \varphi = 0.88, \eta = 0.943 \cdot \text{о.е.}$$

0 - все ветви с ненулевыми параметрами

Сопротивление линий:

$$z_{л} = (r_{уд} + j \cdot x_{уд}) \cdot l,$$

где

$x_{уд}$ - удельное индуктивное сопротивление прямой последовательности, Ом/км;

$r_{уд}$ - удельное активное сопротивление прямой последовательности, Ом/км;

l - длина линии, км.

Сопротивление реактора:

- реактивное

$$X_p = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L,$$

где

f - частота сети, Гц;

L - индуктивность одной фазы реактора, Гн.

- активное

$$R_p = \frac{\Delta P}{I_{\text{НОМ}}^2},$$

где

ΔP - потери активной мощности в одной фазе, кВт;

$I_{\text{НОМ}}$ - номинальный ток реактора, А.

1, 101 – ветви с нулевыми параметрами

Это ветви, моделирующие шиносоединительные выключатели и заземления нейтралей трансформаторов.

Тип **1** означает нормально включенное состояние ветви.

Тип **101** означает нормально отключенное состояние ветви.

Представление объектов ЭС в АРМ-СРЗА

3 – трансформаторные ветви

Сопротивление трансформатора:

Напряжения короткого замыкания соответствующих сторон:

$$U_{КВ} = \frac{1}{2} \cdot (U_{КВ-С} + U_{КВ-Н} - U_{КС-Н}),$$

$$U_{КС} = \frac{1}{2} \cdot (U_{КВ-С} + U_{КС-Н} - U_{КВ-Н}),$$

$$U_{КН} = \frac{1}{2} \cdot (U_{КВ-Н} + U_{КС-Н} - U_{КВ-С}),$$

$$r = P_{КЗ} \cdot \frac{U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}^2}; X = \frac{U_{КЗ\%}}{100} \cdot \frac{U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}}$$

где

$\Delta P_{КЗ}$ - мощность короткого замыкания. кВт.

$U_{К\%}$ - напряжение короткого замыкания, %;

$U_{НОМ}$ - номинальное напряжение, кВ;

$S_{НОМ}$ - номинальная мощность, МВА.

Представление объектов ЭС в АРМ-СРЗА

4 – генераторные ветви

Сопротивление генератора:

$$x_{дг}'' = x_{д*}'' \cdot \frac{U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}},$$

где

$x_{д*}''$

$U_{НОМ}$ - номинальное напряжение, кВ;

$S_{НОМ}$ - номинальная полная мощность, МВА.

Сопротивление двигателей:

$$x_{дв}'' = x_{д*}'' \cdot \frac{U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}},$$

$$x_{д*}'' = \frac{1}{k_{п}}$$

$k_{п}$ - кратность пускового тока. о.е.

$$E_M = \sqrt{(U_{\text{НОМ}} \pm I_{\text{НОМ}} \cdot x_{\text{дМ}}'' \cdot \sin\varphi)^2 + (I_{\text{НОМ}} \cdot x_{\text{дМ}}'' \cdot \cos\varphi)^2},$$

где
 $x_{\text{дМ}}''$ - номинальное продольное сверхпереходное сопротивление, Ом;
 $U_{\text{НОМ}}$ - номинальное напряжение, кВ;
 $I_{\text{НОМ}}$ - номинальная ток, А;
 $\cos\varphi$ - коэффициент мощности.

Номинальная полная мощность двигателя / номинальный ток:

$$S_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\eta \cdot \cos\varphi}, \quad I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \eta \cdot \cos\varphi},$$

где
 η - КПД, %;
 $P_{\text{НОМ}}$ - номинальная активная мощность, кВт.

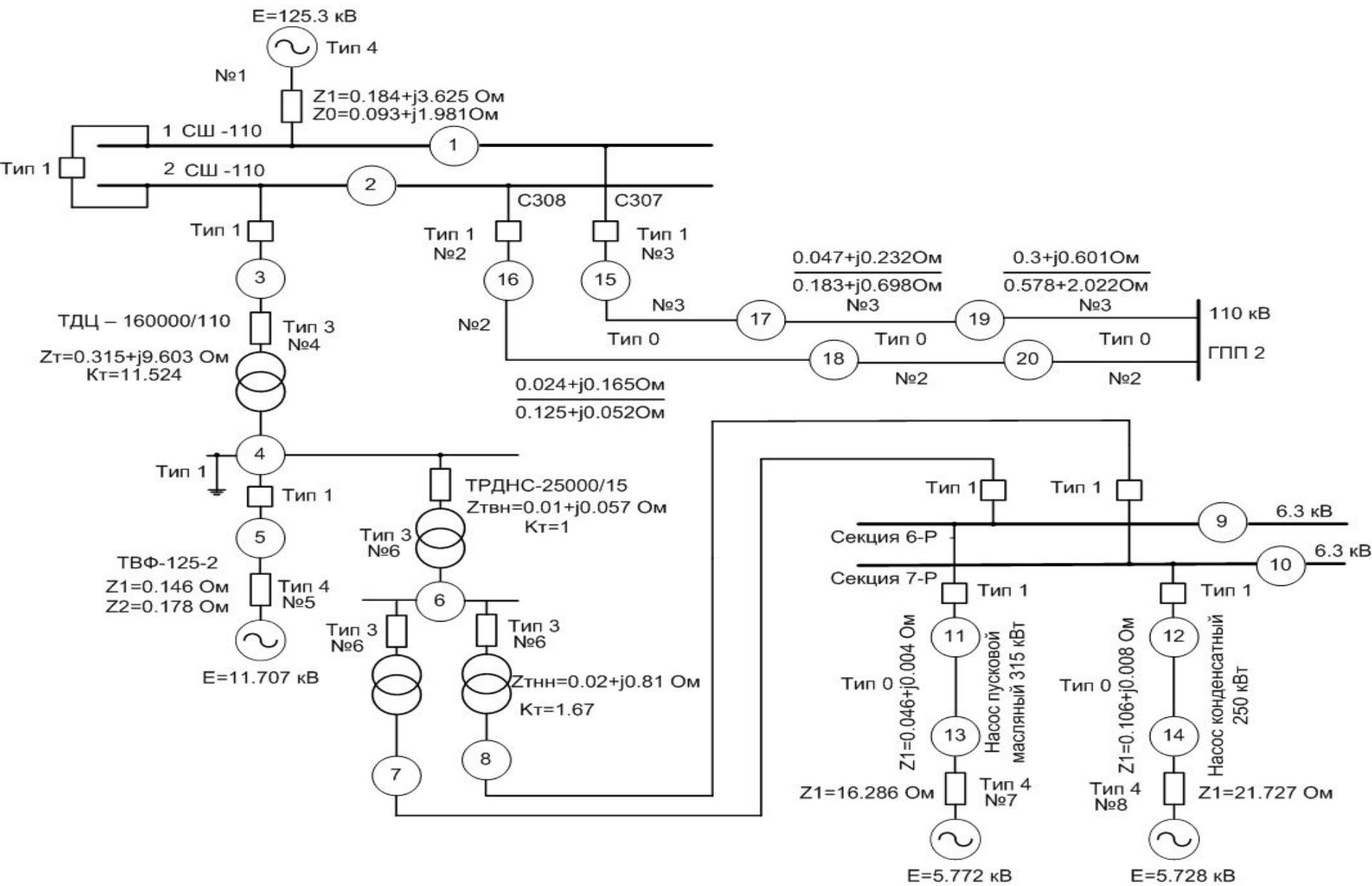
**5 - Ветви, соединяющие два узла, с продольным сопротивлением
с емкостной проводимостью на землю**

Емкостная проводимость линии:

$$b_{\text{л}} = b_{\text{уд}} \cdot l,$$

$b_{\text{уд}}$

Принципиальная схема замещения блока генератор – трансформатор мощностью 125 МВА



Работа с графическим редактором

Создание математической модели сети:

- вычерчивание сети на экране монитора

Таблица параметров линии

| ВЕТВЬ 0 1528 - 1496 | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|---------|------|-------|------|-----|------|------|
| Z 1/0 | б 1/0 | Z2 | К тр | E/f | L | Защ1 | Защ2 | Наим | Нэл | Граф | |
| Тип | R1 | X1 | R0 | X0 | E/к1/б1 | f | к0/б0 | R2 | X2 | | |
| | 296 | 0.358 | 0.244 | 0.109 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| P | 0 | L | 2.35 | Nз1 | 0 | Nз2 | 0 | Nэл | 67 | Наим | K-38 |
| | | | | | | | | | | OK | |

Таблица параметров трансформатора

| ВЕТВЬ 0 30 - 1830 | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|-------|------|-----|---------|------|-------|------|------|------|-------------|
| Z 1/0 | б 1/0 | Z2 | К тр | E/f | L | Защ1 | Защ2 | Наим | Нэл | Граф | |
| Тип | R1 | X1 | R0 | X0 | E/к1/б1 | f | к0/б0 | R2 | X2 | | |
| | 1443 | 133.6 | 0 | 0 | 18.25 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| P | 0 | L | 0 | Nз1 | 0 | Nз2 | 0 | Nэл | 1830 | Наим | 4Т МОСТОВАЯ |
| | | | | | | | | | | OK | |

Работа с графическим редактором

Таблица параметров заземления нейтрали трансформатора

| ВЕТВЬ 0 0 -188 | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|------|-------|------|-----|------|
| Z 1/0 | b 1/0 | Z2 | К тр | E/f | L | Заш1 | Заш2 | Наим | Нэл | Граф |
| Тип | R1 | X1 | R0 | X0 | E/k1/b1 | f | k0/b0 | R2 | X2 | |
| <input type="checkbox"/> | 9999 | 9999 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| P | L | Nз1 | Nз2 | Nэл | Наим | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | |

Таблица параметров генератора

| ВЕТВЬ 1 0 -188 | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|------|-------|------|-------|------|
| Z 1/0 | b 1/0 | Z2 | К тр | E/f | L | Заш1 | Заш2 | Наим | Нэл | Граф |
| Тип | R1 | X1 | R0 | X0 | E/k1/b1 | f | k0/b0 | R2 | X2 | |
| <input type="checkbox"/> | 4 | 0.214 | 0 | 0.111 | 15.75 | 0 | 0 | 0 | 0.239 | |
| P | L | Nз1 | Nз2 | Nэл | Наим | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | |

Работа с графическим редактором

- задание информации в табличном виде

Таблица параметров сети

Файл Правка Сервис Вид Печать

Таблица ветвей | Инд. группы | Наим. узлов | Наим. элементов

Уз **198** U=119.77/0 Приз. Уз **502** U=239.77/0.1 Приз. Элемент **198**

ЗАТ 1 1СШ ВОСТОЧНАЯ 0 ЗАТ ВОСТОЧНАЯ

| | Тип | Пар | Узел 1 | Узел 2 | Нэл | R1 | X1 | E,K1;B1(c) | Фаза;L | R0 | X0 | K0;B0(c) | R2 | X2 |
|----|-----|-----|--------|--------|-----|--------|-----------|------------|--------|--------|-----------|----------|----|----|
| иг | 0 | 0 | 184 | 502 | 184 | 0.121 | 0.686 | 0 | 1.66 | 0.37 | 2.156 | 0 | 0 | 0 |
| | 4 | 0 | 502 | 0 | 0 | 8.122 | 57.192 | 235.5 | -0.2 | 43.048 | 258.312 | 0 | 0 | 0 |
| | 3 | 0 | 198 | 502 | 198 | 0.083 | 7.8 | 0.5 | 0 | 0 | 7.8 | 0.5 | 0 | 0 |
| | 1 | 0 | 503 | 502 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| иг | 0 | 0 | 502 | 506 | 251 | 2.11 | 13.04 | 0 | 32.5 | 9.31 | 33.1 | 0 | 0 | 0 |
| | 3 | 0 | 56 | 502 | 0 | 16200. | 16845.129 | 0.5 | 0 | 9999 | 9999 | 0.5 | 0 | 0 |
| | 3 | 0 | 202 | 502 | 0 | 904.84 | 1534.363 | 0.5 | 0 | 250147 | 487622.93 | 0.5 | 0 | 0 |
| | 3 | 0 | 302 | 502 | 0 | 511.94 | 884.625 | 0.5 | 0 | 13600E | 236084.96 | 0.5 | 0 | 0 |
| | 3 | 0 | 444 | 802 | 0 | 31593. | 56518.289 | 0.5 | 0 | 9999 | 9999 | 0.5 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 444 | 675 | 0 | 255113 | 205174.95 | 0 | 0 | 9999 | 9999 | 0 | 0 | 0 |

958:3 Ввод