


**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;

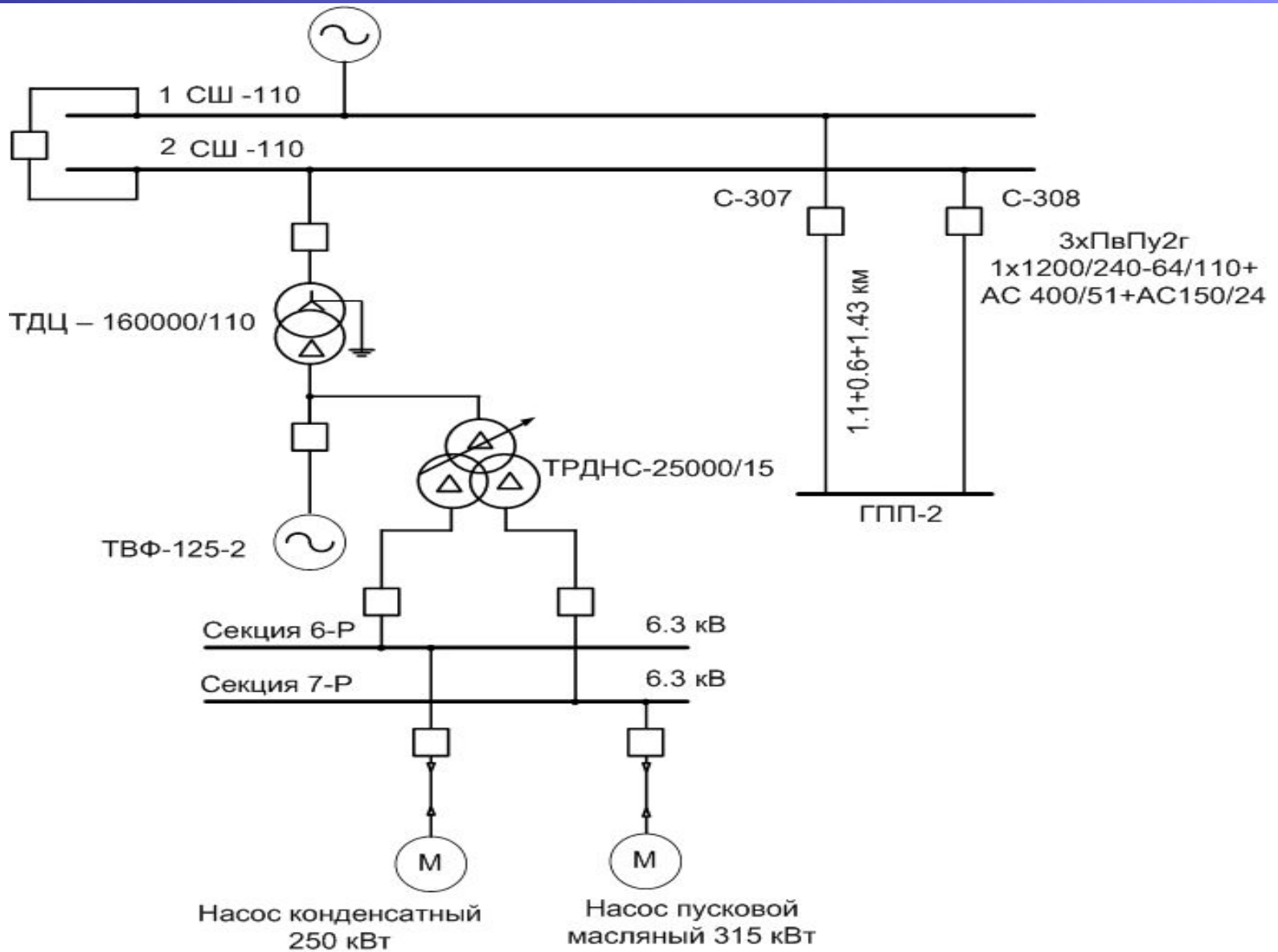
Зачет – 40 баллов.

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:

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

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

$\Delta P$  - 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:

$$U_{KB} = \frac{1}{2} \cdot (U_{KB-C} + U_{KB-H} - U_{KC-H}),$$

$$U_{KC} = \frac{1}{2} \cdot (U_{KB-C} + U_{KC-H} - U_{KB-H}),$$

$$U_{KH} = \frac{1}{2} \cdot (U_{KB-H} + U_{KC-H} - U_{KB-C}),$$

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

где

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

$U_{K\%}$  - 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  
 $\eta$  - КПД, %;  
 $P_{\text{НОМ}}$  - номинальная активная мощность, кВт.

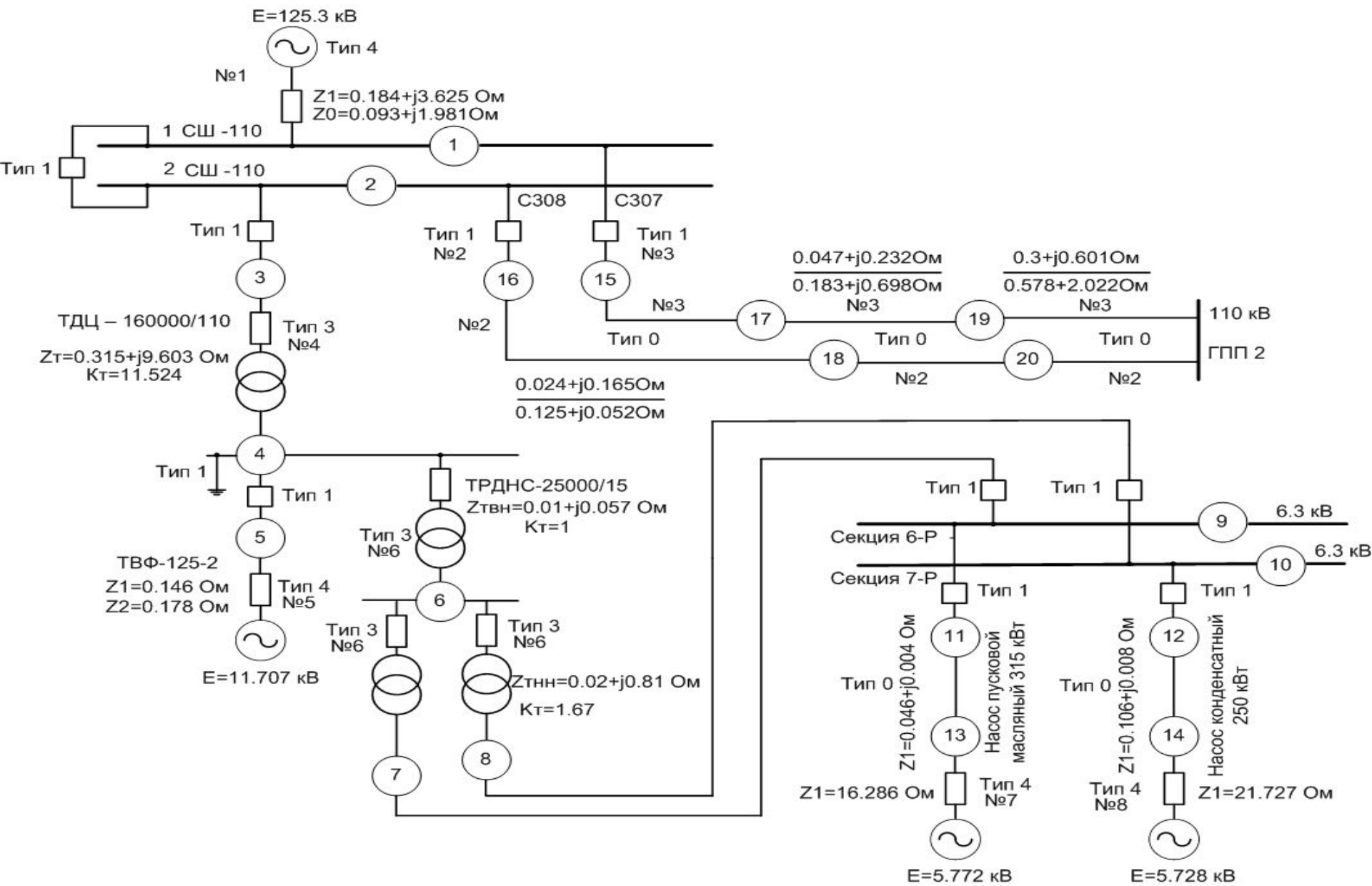
**5 - Ветви, соединяющие два узла, с продольным сопротивлением  
с емкостной проводимостью на землю**

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"/>		<input type="button" value="OK"/>				

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	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"/>		<input type="button" value="OK"/>				

# 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