



Институт открытого образования

Кафедра ЭЭиПЭ

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**Проектирование подстанции 35/6/6 кВ «Антоновская»**

**Выполнил:**

обучающийся гр. ЗЭу-17

Филин Р. В.

**Руководитель:**

к.т.н., доцент

Кузнецов В. А.

Новокузнецк

2021

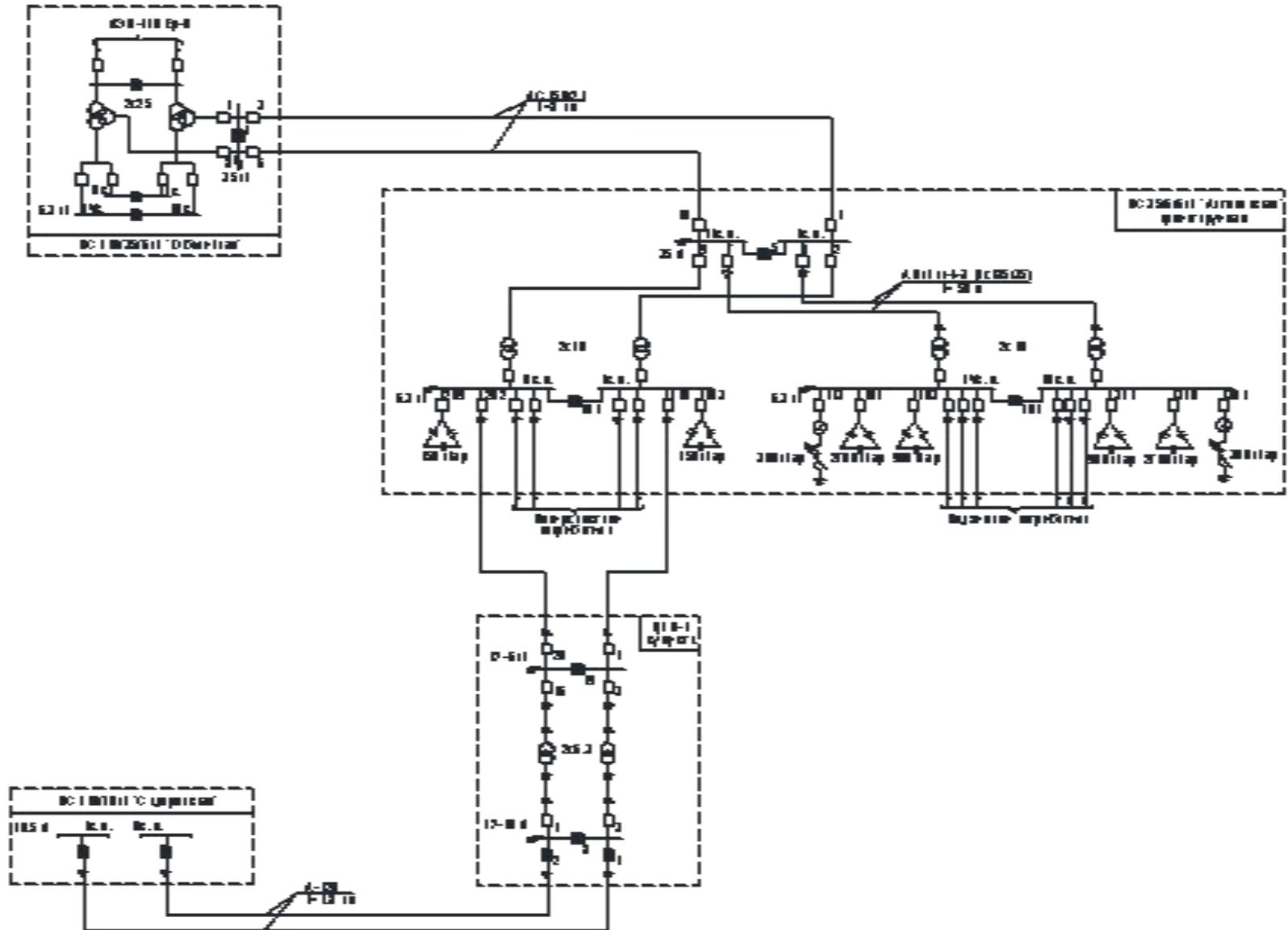
# **Цель и задачи выпускной квалификационной работы**

Цель ВКР – проектирование электроснабжения подстанции 35/6/6 кВ «Антоновская».

Задачи ВКР:

- выполнить расчёт электрических нагрузок;
- выполнить выбор трансформаторов;
- выполнить расчёт токов короткого замыкания;
- выбрать и проверить основное электрооборудование;
- выбрать защиту электрооборудования;
- выполнить расчёт заземления и молниезащиты.

# Схема электроснабжения



# Расчёт электрических нагрузок

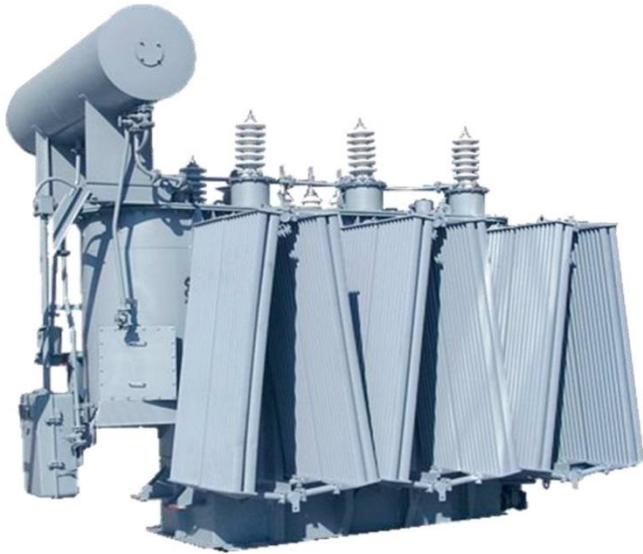
Наименование потребителей	Суммарная мощность, кВт	Суммарная мощность, Вт, кВт·А	Коэффициент мощности, cos φ	Sp	Коэффициент реактивной мощности, tg φ	Расчетная мощность	
						P, кВт	Q, квар
<b>Потребители поверхности</b>							
Трансформаторы		3500	0,8		0,75	2109	1582
Двигатели	7600					6122	3521
Итого	7600	3600				8231	5103
Конденсаторные батареи							-3600
С учётом конденсаторов				8367		8231	1503
<b>Подземные потребители</b>							
Трансформаторы		7000	0,8	5354	0,75	3160	4323
Двигатели	13240					5240	3930
Итого	13240	7000		11775		8400	8253
Конденсаторные батареи							-6300
С учётом конденсаторов						8400	1953
Итого по шахте	20840	10500				16631	13356

# Выбор трансформаторов и конденсаторных установок

Расчетная нагрузка для потребителей поверхности: 6970 кВА

Расчетная нагрузка для подземных потребителей: 7082 кВА

$$Q_{кб} = Q_p (tg\varphi_p - tg\varphi) = 8036 \cdot (1,02 - 0,42) = 4821,6 \text{ квар,}$$

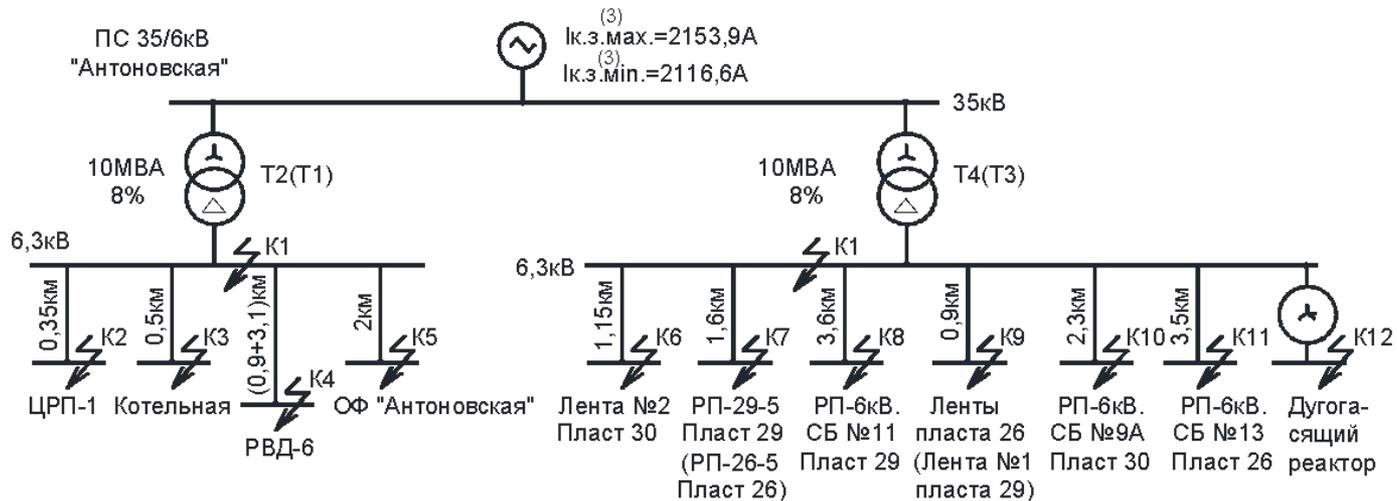


Трансформатор ТДНС – 10000/35



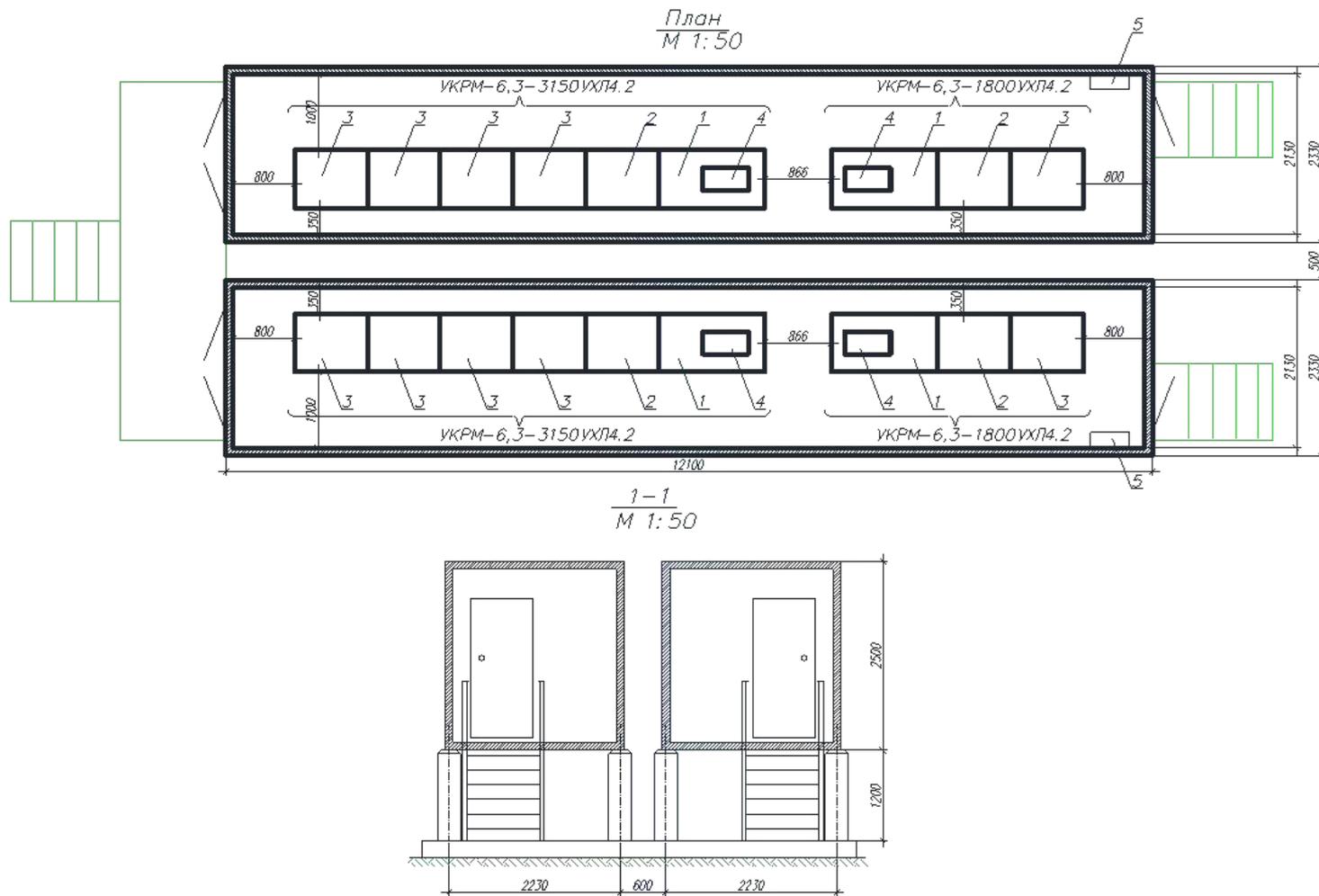
АУКРМ 6

# Расчёт токов короткого замыкания



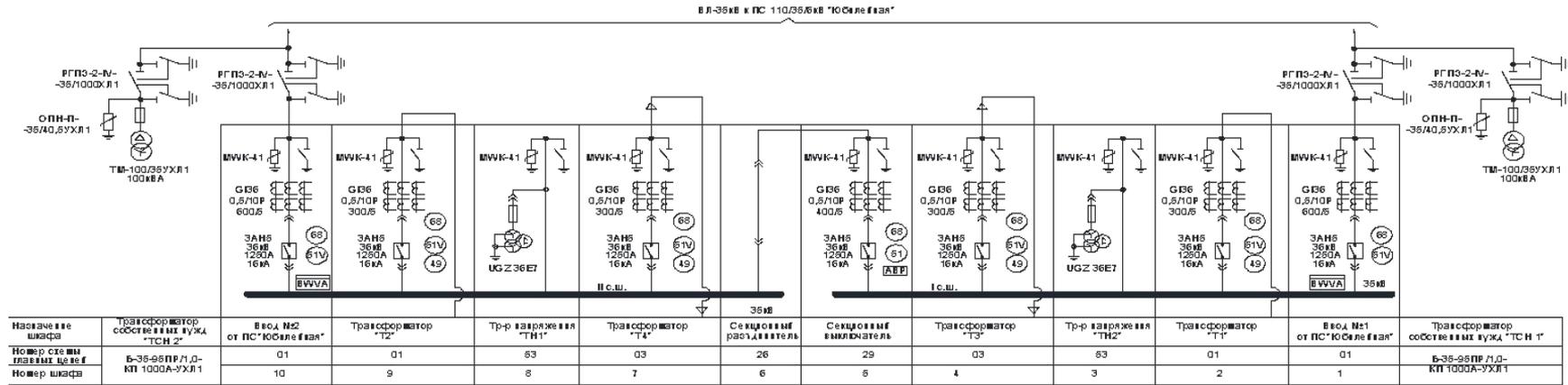
Наименование		Обозначение и расчетная формула	Числовое значение в точках (макс./мин. режим)											
			K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
Номинальное напряжение, кВ		Уном.	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
Данные системы	Мощность КЗ на шинах источника питания, МВА	$S_{кз} = S' \cdot c$	137,91 135,46											
	Базисная мощность, МВА	$S_б$	100											
	Реактивное сопротивление в отн. ед.	$X_{б.с.} = \frac{S_б}{S_{кз}}$	0,7251 0,7382											
Трансформатор	Номинальная мощность, МВА	$S_{ном.т.}$	10											
	Реактивное сопротивление при мощности	Номинальной, % $U_n (U_k = X_t \cdot \%)$ Базисной, % $X_t = \frac{X_{т.} \% \times S_б}{100 \times S_{ном.}}$	8 0,8											
Линия	Реактивное сопротивление	На 1км., Ом $X_1$ На 1км., Ом $X_{л.} = X_1 \times L$		0,08	0,08	0,08; 0,4	0,4	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	Реактивное сопротивление, приведенное к базисному в отн. ед.	$X_{л.} = \frac{X_{л.} \times S_б}{U_n^2}$		0,0705	0,1008	3,3056	2,0156	0,2318	0,3225	0,7256	0,1814	0,4636	0,7055	0,7055
Фильтр заземляющий	Номинальная мощность, МВА	$S_{ном.ф.}$												
	Реактивное сопротивление при мощности	Номинальной, % $U_n (U_k = X_{ф.} \cdot \%)$ Базисной, % $X_{ф.} = \frac{X_{ф.} \% \times S_б}{100 \times S_{ном.}}$												
Суммарное реактивное сопротивление до места КЗ., отн. ед.		$X_{\Sigma}$	1,5251 1,5382	1,5957 1,6088	1,6259 1,639	4,8307 4,8438	3,5407 3,5538	1,7569 1,77	1,8476 1,8607	2,2507 2,2638	1,7065 1,7196	1,9887 2,0018	2,2306 2,2437	12,825 12,838
Мощность КЗ., МВА		$S_{кз} = \frac{S_б}{X_{\Sigma}}$	65,569 65,010	62,67 62,159	61,505 61,013	20,701 20,645	28,243 28,139	56,918 56,496	54,124 53,743	44,430 44,173	58,599 58,152	50,284 49,955	44,831 44,569	7,797 7,789
Ток короткого замыкания, кА		$I_{кз} = \frac{S_{кз}}{\sqrt{3} \times U_n}$	6,016 5,965	5,75 5,703	5,643 5,598	1,899 1,894	2,591 2,582	5,222 5,184	4,966 4,931	4,077 4,053	5,377 5,336	4,614 4,583	4,113 4,089	0,7154 0,7147

# УКРМ. Расположение оборудования. План. Разрез

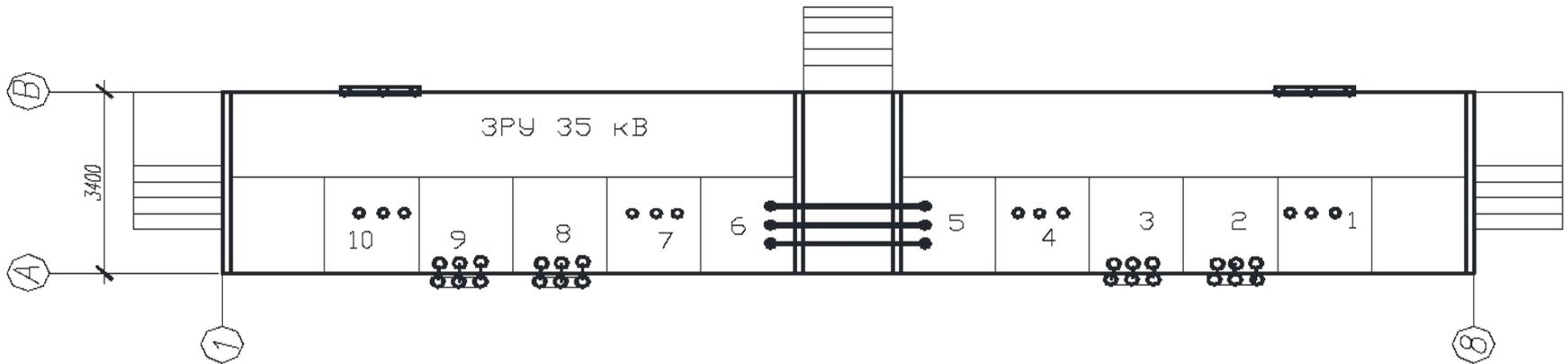


# ЗРУ – 35 кВ

## Схема принципиальная однолинейная



## План размещения оборудования



# Выбор и проверка выключателей 35 кВ



Техническая характеристика выключателя и условное обозначение	Условие выбора и проверки	Выключатель 3AH5-35-12,5/1250 UXL1	
		Расчётные данные	Каталожные данные
Номинальное напряжение, $U_{нв}$ , кВ	$U_{нв} \geq U_n$	35	35
Наибольший длительный ток $I_{рн}$ , А	$I_{рн} \geq I_p$	165	1250
Номинальный ток отключения, $I_{но}$ , кА	$I_{но} \geq I_{ро}$	2,153	12,5
Номинальный ток электродинамической устойчивости (допустимый ударный ток при КЗ), $i_{нд}$ , кА	$i_{нд} \geq i_y$	5,48	35
Ток термической устойчивости, $I_{ту}$ , кА, за время $t_{нту}$	$I_{ту} = I_{\infty} \sqrt{\frac{t_p}{t_{нту}}}$	$2,153 \sqrt{\frac{0,14}{3}} = 0,46$	12,5/3

# Выбор и проверка выключателей 6 кВ



Техническая характеристика выключателя и условное обозначение	Условие выбора и проверки	Выключатель ВВ/TEL-10-20/1600У2	
		Расчётные данные	Каталожные данные
Номинальное напряжение, $U_{нв}$ , кВ	$U_{нв} \geq U_n$	6	10
Наибольший длительный ток, $I_{рн}$ , А	$I_{рн} \geq I_p$	962	1600
Номинальный ток отключения, $I_{но}$ , кА	$I_{но} \geq I_{ро}$	6,06	20
Номинальный ток электродинамической устойчивости (допустимый ударный ток при КЗ), $i_{нд}$ , кА	$i_{нд} \geq i_y$	15,3	51
Ток термической устойчивости, $I_{ту}$ , кА, за время $t_{нту}$	$I_{ту} = I_{\infty} \sqrt{\frac{t_n}{t_{нту}}}$	$6,06 \sqrt{\frac{0,105}{3}} = 1,13$	20/3

# Выбор и проверка разъединителей 35 кВ



Техническая характеристика разъединителя и условное обозначение	Условие выбора и проверки	Разъединитель РГПЗ СЭЦ-1(2)-II- /35/1000УХЛ1	
		Расчётные данные	Каталожные данные
Номинальное напряжение, $U_{нв}$ , кВ	$U_{нр} \geq U_{н}$	35	35
Наибольший длительный ток, $I_{рн}$ , А	$I_{рн} \geq I_{р}$	165	1000
Номинальный ток электродинамической устойчивости (допустимый ударный ток при КЗ), $i_{нд}$ , кА	$i_{нд} \geq i_{у}$	2,153	50
Ток термической устойчивости, $I_{ту}$ , кА, за время $t_{нту}$	$I_{ту} = I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{п}}{t_{нту}}}$	0,46	20/3

# Выбор и проверка трансформатора тока 35 кВ



Техническая характеристика трансформатора тока и условное обозначение	Условие выбора и проверки	Трансформатор тока GI36	
		Расчётные данные	Каталожные данные
Номинальное напряжение, $U_{н\tau\alpha}$ , кВ	$U_{н\tau\alpha} \geq U_n$	35	35
Номинальный ток, $I_{н\tau\alpha}$ , А	$I_{н\tau\alpha} \geq I_n$	264	300
Кратность трёхсекундного тока термической устойчивости, $K_{ТУ}$ $t_{н\tau\alpha} = 3$ с	$K_{ТУ} \geq \frac{I_{\infty}}{I_{н\tau\alpha}} \sqrt{\frac{t_n}{t_{н\tau\alpha}}}$	$2,153 \sqrt{\frac{0,14}{3}} = 0,46$	10

# Выбор и проверка трансформатора тока 6 кВ



Техническая характеристика трансформатора тока и условное обозначение	Условие выбора и проверки	Трансформатор тока ТЛК-10 0,5S/10P 1500/5	
		Расчётные данные	Каталожные данные
Номинальное напряжение, $U_{HTA}$ , кВ	$U_{HTA} \geq U_n$	6	10
Номинальный ток, $I_{HTA}$ , А	$I_{HTA} \geq I_n$	962	1500
Кратность допустимого тока электродинамической устойчивости, $K_\partial$ , кА	$K_\partial \geq \frac{i_y}{\sqrt{2} \cdot I_{HTA}}$	$\frac{15300}{\sqrt{2} \cdot 1500} = 7,2$	100
Кратность односекундного тока термической устойчивости, $K_{TV}$ при $t_{HTV} = 1$ с	$K_{TV} \geq \frac{I_\infty}{I_{HTA}} \sqrt{\frac{t_n}{t_{HTV}}}$	$\frac{6016}{1500} \sqrt{\frac{0,16}{1}} = 1,6$	40/1
Вторичная нагрузка, $B \cdot A$	$S_{2H} \geq S_{2P}$	5,85	50

# Выбор трансформаторов напряжения 35 и 6 кВ

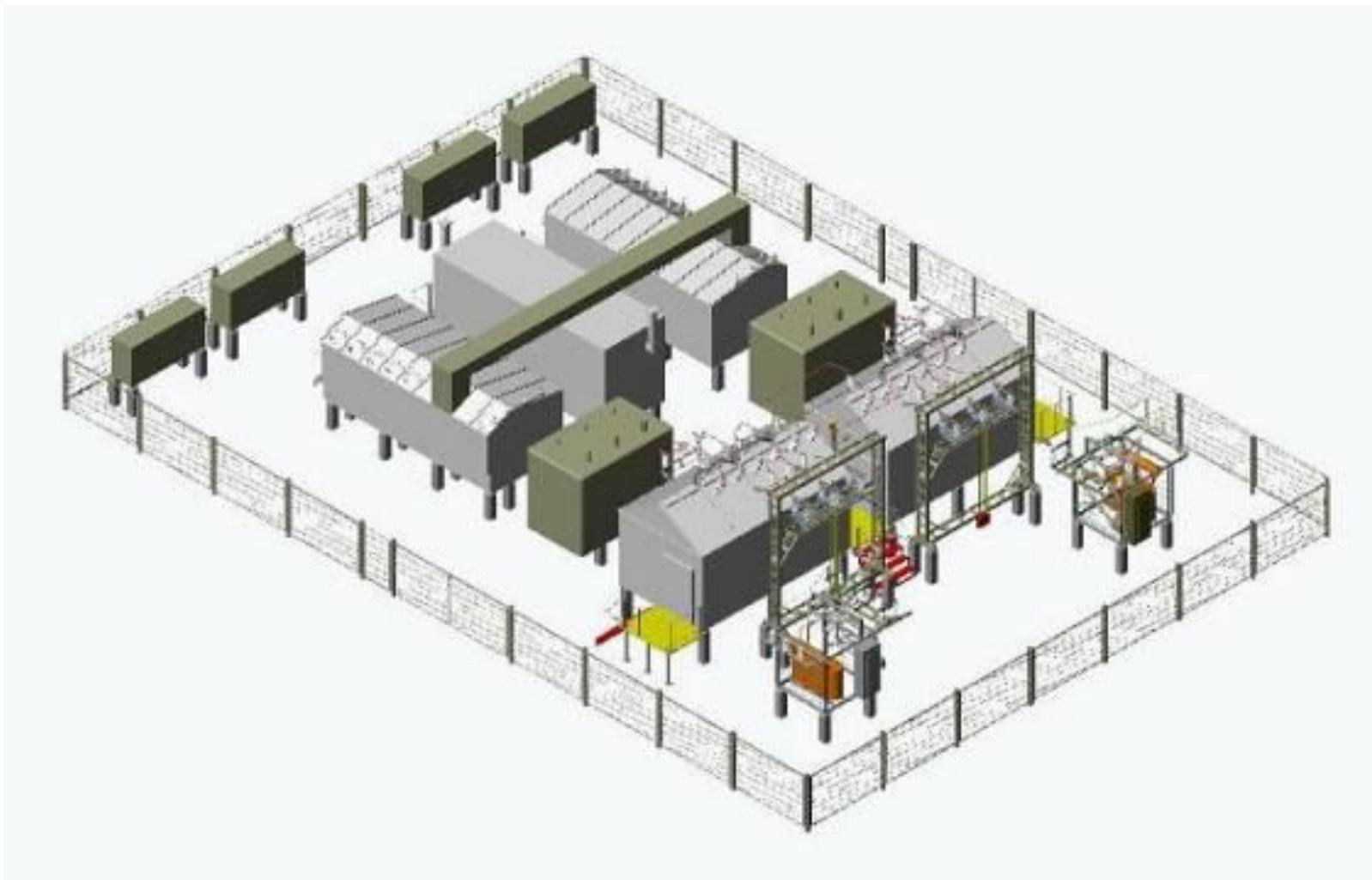


UGZ 36E7



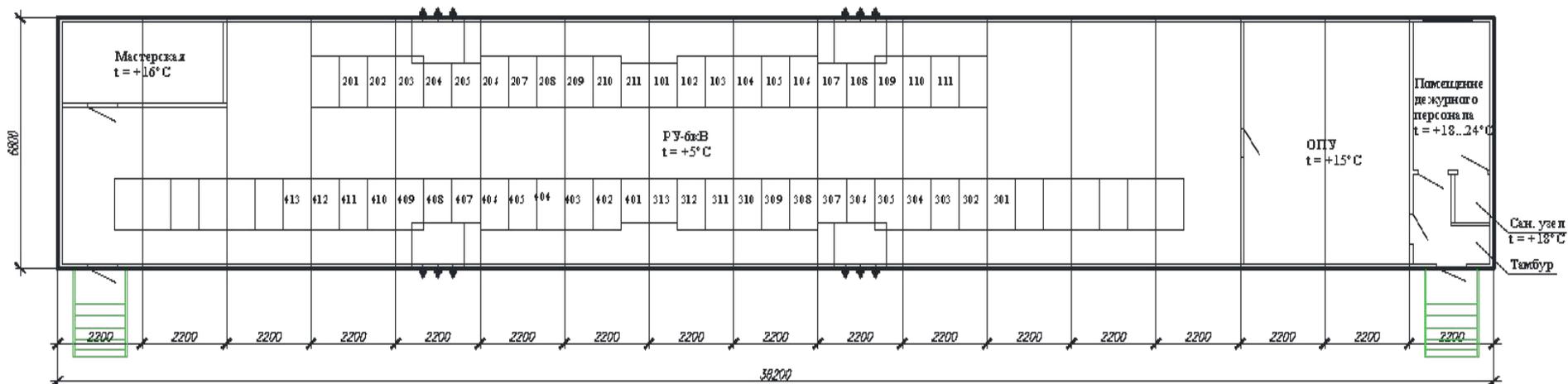
НАМИТ-10-2

# Вид на подстанцию с применением КРУ СЭЩ-65



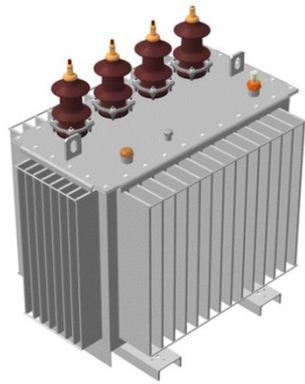


# План размещения оборудования ЗРУ 6 кВ



В качестве распределительного устройства 6 кВ применяем КРУ СЭЩ-63, устанавливаемое в модульном здании ЗРУ-6 кВ

# Защита от однофазных замыканий на землю



Фильтр



Реакторы серии РУОМ

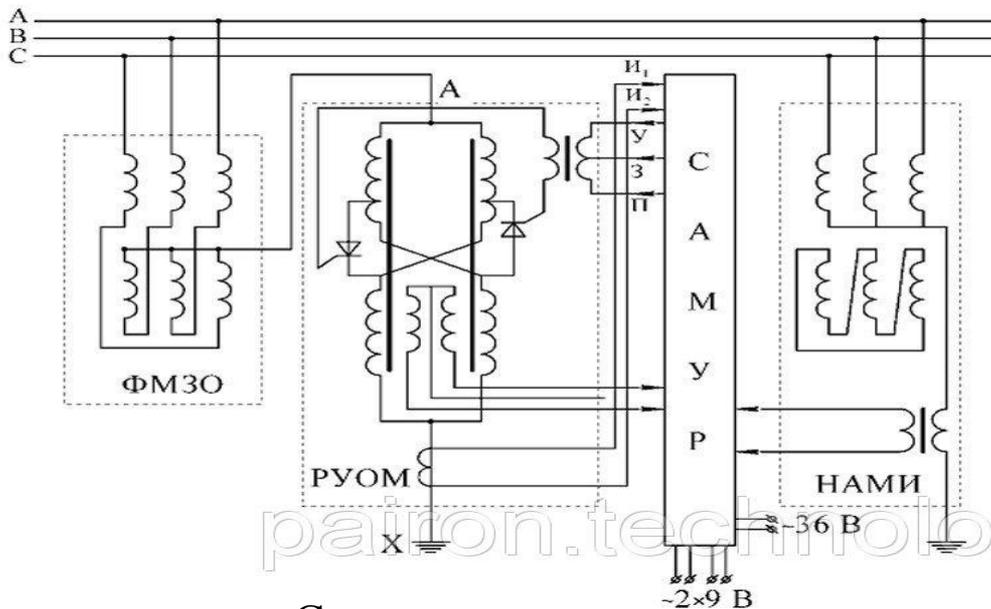


Схема присоединения реактора

РУОМ - реактор управляемый однофазный масляный

САМУР - система автоматического микропроцессорного управления реактором

ФМЗО - фильтр масляный заземляющий однофазный масляный для присоединения реактора к сети (поставляется в случае необходимости)

НАМИ - антирезонансный трансформатор напряжения (поставляется в случае необходимости)

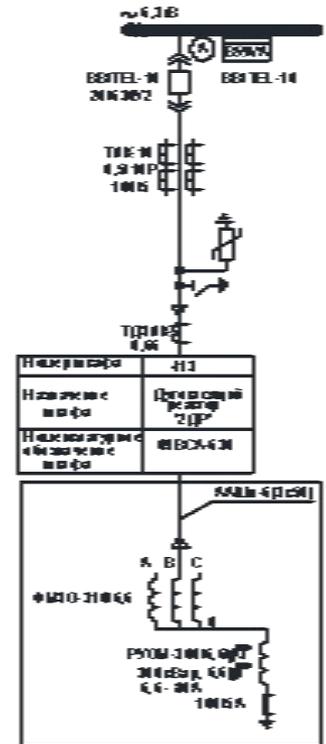
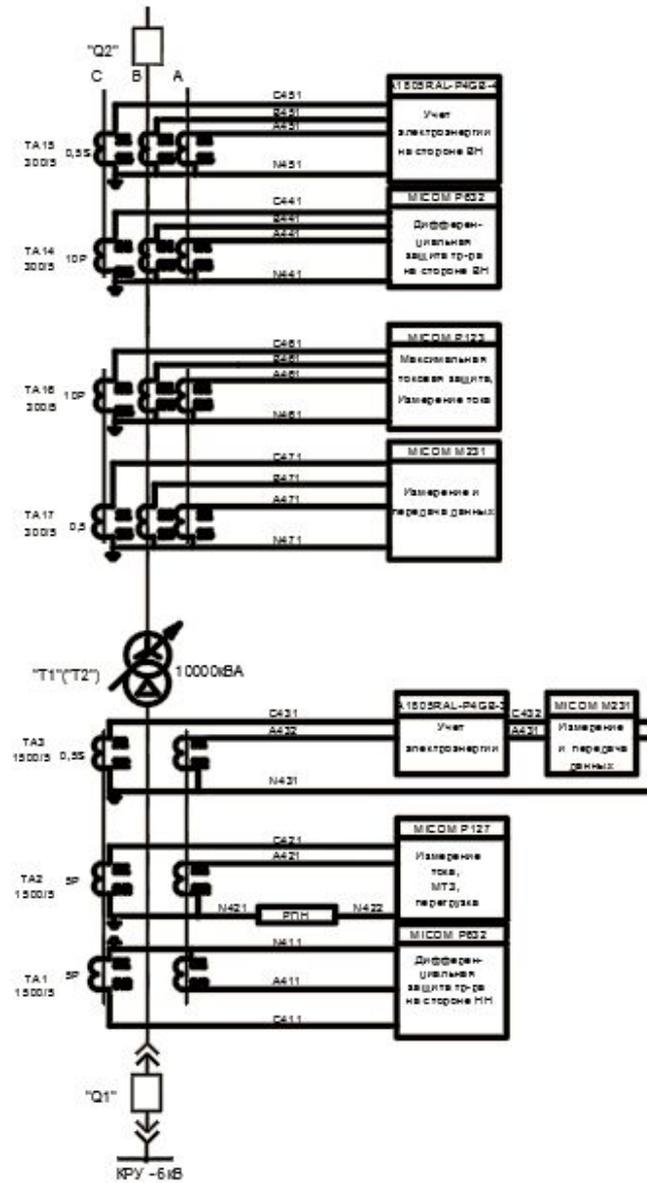
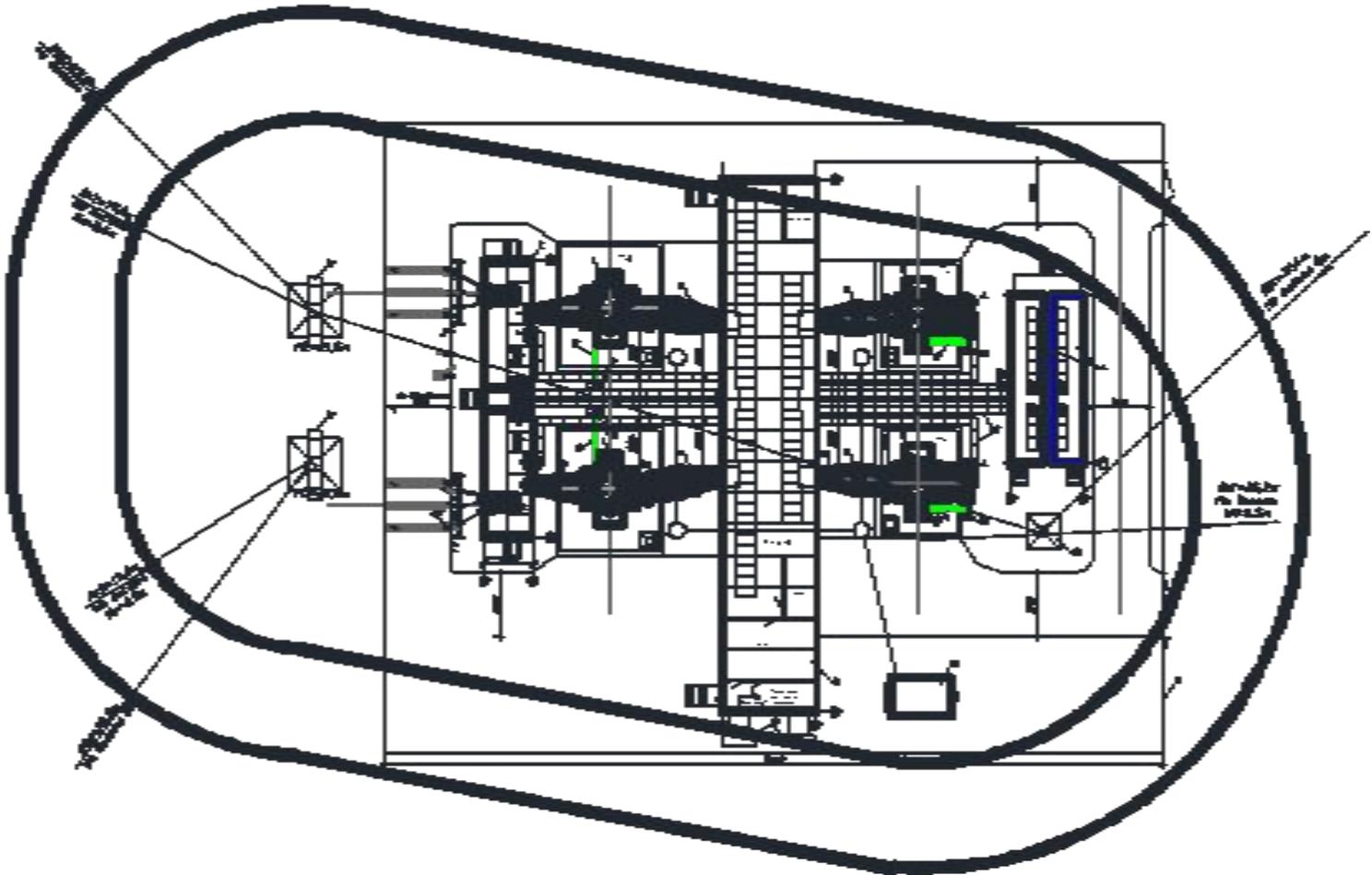


Схема подключения реактора

# Защита трансформатора



# Молниезащита



**Спасибо за внимание!**