

Общество с ограниченной ответственностью  
"Электро Системы"



**Строительство трансформаторной подстанции,  
строительство ЛЭП - 6 кВ в соответствии с  
договором на ТП № 1-55-21-1127, 1-55-21-1128,  
1-55-21-1129, 1-55-21-1130, 1-55-21-1131, 1-55-21-1132,  
1-55-21-1133, 1-55-21-1134, 1-55-21-1135, 1-55-21-1136 г.  
Новороссийск**

Расчет РЗА

Рабочая документация

7-2022-ЭС.РЗА

Том 2

г. Краснодар 2020

Общество с ограниченной ответственностью  
"Электро Системы"



**Строительство трансформаторной подстанции,  
строительство ЛЭП - 6 кВ в соответствии с  
договором на ТП № 1-55-21-1127, 1-55-21-1128,  
1-55-21-1129, 1-55-21-1130, 1-55-21-1131, 1-55-21-1132,  
1-55-21-1133, 1-55-21-1134, 1-55-21-1135, 1-55-21-1136 г.  
Новороссийск**

Расчет РЗА

Рабочая документация

7-2022-ЭС.РЗА

Том 2

Главный инженер проекта

Каминник В.А.

Генеральный директор ООО "ЭлСи"

Стригунов Е.А.

г. Краснодар 2020

Инв. № подл.	Подп. и дата					Взам. инв. №		
						7-2022-ЭС.РЗА.СТ		
	Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		
	Разраб.	Зубенко		04.22			Стадия	Лист
	ГИП	Зубенко		04.22			Р	3
	Н.контр.	Стригунов		04.22			Листов	15
							ООО "ЭлСи"	

Обозначение	Наименование	Примечание
	Текстовая часть:	
	Титульный лист	
32-2021-ЭС.СТ.РЗА	Содержание тома	
32-2021-ЭСПЗ.РЗА	Пояснительная записка	
	Приложения:	
	Графическая часть:	
32-2021-ЭС.РЗА	Комплект схем применных для выполнения необходимых расчетов в данном томе	

## Оглавление

1. Общие сведения и исходные данные.....	5
2. Исходные данные по системам РЗА.....	6
3. Расчет токов коротких замыканий.....	7
3.1 Расчет токов КЗ по присоединению Г-5 ПС 35/6 кВ "Гайдук".....	9
4. Расчет уставок срабатывания устройств РЗА прис. Г-5 ПС 35/6 кВ "Гайдук".....	11
5. Нормативные ссылки.....	15

Инв. № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №						
							7-2022-ПЗ.РЗА		
	Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			
	Разраб.	Зубенко			04.22	Содержание пояснительной записки	Стадия	Лист	Листов
	ГИП	Зубенко			04.22		Р	4	15
	Н.контр.	Стригунов			04.22		ООО "ЭлСи"		



## 2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1. Токи КЗ на ПС 35/6 кВ "Гайдук"

-	Максимальный режим - $I^{(3)}_{\max} = 6,889 \text{ кА}$
-	Минимальный режим - $I^{(3)}_{\min} = 3,079 \text{ кА}$

2. Данные по защитам прис. Г-5 ПС 35/6 кВ "Гайдук"
--

-	Реле	ЭТ-520
-	Уставка МТЗ	600А / 0,8с
-	Уставка ТО	1200А / 0,0с
-	Трансформатор тока	ТОЛ-10 300/5

Взам. инв. №

Подн. и дата

Инв. № подл.

Лист

7-2022-ПЗ.РЗА

6

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
------	----------	------	--------	-------	------

### 3. Расчет токов коротких замыканий

Расчёт производился согласно РД 153-34.0-20.527-98 «Руководящие указания по расчёту токов короткого замыкания и выбору электрооборудования». Расчет необходимых параметров рассматриваемой сети приведен ниже.

Сопротивление питающей системы на ПС 35/6 кВ "Гайдук" определим по формулам:

$$X_c \max = U_n / (\sqrt{3} * I^{(3)}_{\max}) = 6,3 / ((\sqrt{3} * 6,889) = 0,528 \text{ Ом},$$

$$X_c \min = U_n / (\sqrt{3} * I^{(3)}_{\min}) = 6,3 / ((\sqrt{3} * 3,079) = 1,181 \text{ Ом}.$$

Активное сопротивление проводов линии определяется по формуле:

$$R = r_{уд} * L,$$

где:

L – длина линии, км,

$r_{уд}$  – удельное активное сопротивление линии, Ом/км.

Индуктивное сопротивление проводов линии определяется по формуле:

$$X = X_{уд} * L,$$

где:

L – длина линии, км,

$X_{уд}$  – удельное индуктивное сопротивление линии, Ом/км,

Сопротивление трансформатора мощностью 400 кВА

$$Z_{тр} = \sqrt{(R_{тр}^2 + X_{тр}^2)} = 13,75 \text{ Ом}$$

Сопротивление трансформатора мощностью 630 кВА

$$Z_{тр} = \sqrt{(R_{тр}^2 + X_{тр}^2)} = 8,73 \text{ Ом}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									7-2022-ПЗ.РЗА	
			Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	7	

Ток короткого замыкания (КЗ) определяется по формуле:

$$I^{(3)} = U_H / (\sqrt{3} * \sqrt{(\Sigma R)^2 + (\Sigma X)^2})$$

где:

$\Sigma R$  - сумма активных сопротивлений линий рассматриваемого участка, Ом

$\Sigma X$  - сумма индуктивных сопротивлений линий рассматриваемого участка, Ом

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									8	
			Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	7-2022-ПЗ.РЗА	



### 3.1 Расчет токов КЗ по присоединению Г-5 ПС 35/6 кВ "Гайдук"

Для расчета токов короткого замыкания в определенных точках необходимо рассчитать сопротивления участков сети до этих точек и сопротивление системы в максимальном и минимальном режиме.

Таблица 1. Сопротивления участков сети прис. Г-5.

№ Уч.	Наименование элемента	Тип	Сечение, мм <sup>2</sup>	Длина, км	Удельные характеристики, Ом/км		Сопротивление, Ом	
					R	X	R	X
1	Г-5 - ТП-367П	АСБ	120	0,914	0,25	0,08	0,23	0,07
2	ТП-367П - ТП-756	АСБ	120	0,3	0,25	0,08	0,08	0,02
3	ТП-756 - ТП-356	ААБ	185	0,6	0,169	0,077	0,10	0,05
4	ТП-367П - ЯКНО-9	АСБ	120	0,4	0,25	0,08	0,10	0,03
5	ЯКНО-9 - ЯКНО-10	АСБ	120	0,25	0,25	0,08	0,06	0,02
6	ЯКНО-10 - ТП-356 Н.Р.	АСБ	185	1,042	0,16	0,071	0,17	0,07
7	ТП-356 - ТП-556	ААБл	240	1,35	0,13	0,075	0,18	0,10
8	ТП-556 - ТП-388П	АСБ	240	1,196	0,133	0,068	0,16	0,08
9	ТП-388П - ТП-384	АСБ	185	0,39	0,16	0,071	0,06	0,03
10	ТП-384 - КРУН-14	АСБ	185	0,56	0,16	0,071	0,09	0,04
11	КРУН-14 - РП-1	АСБ	240	0,1	0,133	0,068	0,01	0,01
12	РП-1 - ТП-355П	АСБ	150	0,3	0,2	0,07	0,06	0,02
13	ТП-355П - КРУН-31	СИП-3	95	0,3	0,363	0,284	0,11	0,09
14	КРУН-31 - ТП-872	СИП-3	95	0,1	0,363	0,284	0,04	0,03
15	ТП-872 - ТП-873	СИП-3	95	0,4	0,363	0,284	0,15	0,11
16	ТП-873 - ТП-874	СИП-3	95	0,7	0,363	0,284	0,254	0,199
17	ТП-874 - ТП-875	СИП-3	95	0,3	0,363	0,284	0,109	0,085
18	ТП-875 - ТП-876	СИП-3	95	0,2	0,363	0,284	0,073	0,057
19	КРУН-31 - ТП-368	СИП-3	95	0,5	0,363	0,284	0,182	0,142
20	ТП-356 - ТП-521П	ААШв	120	0,3	0,26	0,086	0,078	0,026
21	ТП-521П - ТП-358П	ААШв	120	0,25	0,26	0,086	0,065	0,022
22	ТП-356 - ТП-788	ААБл	240	0,4	0,13	0,075	0,052	0,03
23	ТП-788 - ТП-783	АСБл	240	0,2	0,129	0,071	0,026	0,014
24	ТП-356 - ТП-597	ААБл	185	0,2	0,169	0,077	0,034	0,015
25	ТП-597 - Проект. ТП	АСБл	240	0,62	0,129	0,071	0,080	0,044

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №



#### 4. Расчет уставок срабатывания устройств РЗА ячейки 6 кВ присоединения Г-5 ПС 35/6 кВ «Гайдук» в связи с подключением ТП.

##### Исходные данные для расчета:

Существующие уставки РЗА ячейки 6 кВ присоединения Г-5 ПС 35/6 кВ «Гайдук»:

$K_{\text{ТТ}}=300/5$

МТЗ: 600/0,8с

ТО: 1200/0,0с

Реле: ЭТ-520

Существующие уставки РЗА в вводной ячейке 6 кВ ТП-356:

$K_{\text{ТТ}}=600/5$

МТЗ: выведена

ТО: выведена

Реле: УЗА-10РС4

Существующие уставки РЗА 6 кВ ячейки ТП-356 в сторону ТП-597:

$K_{\text{ТТ}}=300/5$

МТЗ: 100/0,3с

ТО: не используется

Реле: УЗА-10РС4

#### 4.1. Проверяем актуальность существующих уставок РЗА ячейки 6 кВ присоединения Г-5 ПС 35/6 кВ «Гайдук»:

##### 4.1.1. Максимальная токовая защита:

Определяем ток срабатывания:

$$I_{\text{сз}} \geq \frac{K_{\text{н}} \cdot K_{\text{сзп}}}{K_{\text{в}}} \cdot I_{\text{раб.макс}}$$

где  $K_{\text{н}}$ -коэффициент надежности, принимаем равным 1,4 (ЭТ-520);

$K_{\text{сзп}}$ - коэффициент самозапуска, принимаем равным 1,3;

$K_{\text{в}}$ - коэффициент возврата, принимаем равным 0,85;

$I_{\text{раб.макс}}$ - максимальный рабочий ток, для яч. 6 кВ присоединения Г-5 ПС 35/6 кВ «Гайдук».

$P_{\text{сущ.разГ-5}}= 2500$  кВт – существующая разрешенная мощность присоединение в нормальном режиме;

$P_{\text{доб.}}= 150$  кВт – добавленная мощность (проектируемое ТП);

$P_{\Sigma}= 2650$  кВт –мощность присоединение с учётом добавленной;

$$I_{\text{раб.макс.}} = \frac{P_{\text{разреш.}\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \cos\varphi}, \text{ А}$$

Инв. № инв.	Взам. инв. №
Инв. № подл.	Подп. и дата

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	7-2022-ПЗ.РЗА	Лист
							11

$$I_{\text{раб. макс.}} = \frac{2650}{\sqrt{3} \cdot 6,3 \cdot 0,93} = 261 \text{ A.}$$

Ток срабатывания МТЗ:

$$I_{\text{сз}} \geq \frac{1,4 \cdot 1,3}{0,85} \cdot 261 = 558 \text{ A}$$

**Принимаем уставку МТЗ без изменения  $I_{\text{сз}} = 600 \text{ A}$ ,  $t_{\text{сз}} = 0,8$ .**

4.1.2. Определяем коэффициент чувствительности, при двухфазном коротком замыкании в точке КЗ шины 6 кВ ТП-356 (основная зона чувствительности МТЗ):

$$k_{\text{чув.}} = \frac{I_{\text{мин. КЗ}}^2}{I_{\text{уст.}}^2} = \frac{1776}{600} = 2,96 \geq 1,5, \text{ что соответствует ПУЭ п.3.2.25.}$$

**4.1.3 Проверка существующих трансформаторов ячейки 6 кВ Г-5 ПС 35/6 «Гайдук» ( $k_{\text{ТТ}}=300/5$ ) по условию максимальной нагрузки:**

$$I_{\text{раб. макс.}} \leq I_{\text{ном. ТТ}}$$

$$I_{\text{раб. макс.}} = I_{\text{н факт.}} = 261 \text{ A}$$

$$261 \leq 300 \text{ (условие выполняется).}$$

**Замены трансформатора тока с коэффициентом 300/5 не требуется.**

**4.1.4. Токовая отсечка:**

Ток срабатывания по отстройке от максимального тока короткого замыкания на стороне 6кВ (шины 6кВ ТП-356):

$$I_{\text{сз}} \geq K_{\text{н}} \cdot I_{\text{макс. КЗ}}^3$$

где  $K_{\text{н}}$ -коэффициент надежности, принимаем равным 1,1 (ЭТ-520);

$I_{\text{макс. КЗ}}^3$  - максимальный ток короткого замыкания в точке КЗ (шины 6кВ ТП-356);

$$I_{\text{сз}} \geq 1,1 \cdot 3247 / 2051 = 3572 / 2256 \text{ A}$$

**Принимаем уставку ТО без изменения:  $I_{\text{сз}} = 3000 \text{ A}$ ,  $t_{\text{сз}} = 0 \text{ с}$  (ЭТ-520/50).**

**4.2. Выбираем уставки РЗА в отходящей ячейке 6 кВ ТП-356:**

**4.2.1 Максимальная токовая защита:**

Ток срабатывания МТЗ по отстройке от МТЗ ячейки 6кВ Г-5:

$$I_{\text{сз}} \leq \frac{I_{\text{МТЗ}}}{K_{\text{отс}}}$$

где  $K_{\text{отс}}$ -коэффициент отстройки, принимаем равным 1,1;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					7-2022-ПЗ.РЗА		Лист
									12
			Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	

$$I_{сз} \leq \frac{600}{1,1} = 540A$$

Ток срабатывания МТЗ по отстройке от броска тока намагничивания:

$$I_{сз} \geq \frac{K_H \cdot K_{сзп}}{K_B} \cdot I_{раб.макс}$$

где  $K_H$ -коэффициент надежности, принимаем равным 1,4 (УЗА-10РС4);

$K_{сзп}$ - коэффициент самозапуска, принимаем равным 1,3;

$K_B$ - коэффициент возврата, принимаем равным 0,95;

$P_{доб.} = 460$  кВт – установленная мощность (400 кВА, 160кВА);

$I_{раб.макс.} = 51A$ .

Ток срабатывания МТЗ:

$$I_{сз} \geq \frac{1,4 \cdot 1,3}{0,95} \cdot 51 = 98A$$

Время срабатывания максимальной токовой защиты

$$t_{сз} = t_{МТЗ} - \Delta t$$

где  $t_{МТЗ} = 0,8$  - МТЗ яч. 6 кВ присоединения Г-5 ПС 35/6 кВ «Гайдук»:

$\Delta t$  - ступень селективности 0,3с.

$$t_{сз} = 0,8 - 0,4 = 0,4с.$$

**Принимаем МТЗ :  $I_{сз} = 100A$ ,  $t_{сз} = 0,4с$ .**

**4.2.1.** Определяем коэффициент чувствительности, при двухфазном коротком замыкании в точке К9 шины 6 кВ ТП-597:

$$k_{чув.} = \frac{I_{мин.кз.}^2}{I_{уст.}^2} = \frac{1912}{100} = 19,1 \geq 1,5, \text{ что соответствует ПУЭ п.3.2.25.}$$

#### **4.2.3. Токовая отсечка:**

Ток срабатывания по отстройке от максимального тока короткого замыкания на стороне 10кВ (приведенный к 6кВ) (шины проектируемого РП):

$$I_{сз} \geq K_H \cdot I_{макс.КЗ}^3$$

где  $K_H$ -коэффициент надежности, принимаем равным 1,25 ( УЗА-10РС4);

$I_{макс.}^3$ - максимальный ток короткого замыкания в точке К9 (6 кВ ТП-597);

$$I_{сз} \geq 1,25 \cdot 564 = 705A$$

Ток срабатывания ТО по отстройке от ТО яч. 6кВ Г-5:

$$I_{сз} \leq \frac{I_{ТО}}{K_{отс}}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					7-2022-ПЗ.РЗА		Лист
									13
			Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	

где  $K_{отс}$ -коэффициент отстройки, принимаем равным 1,2;

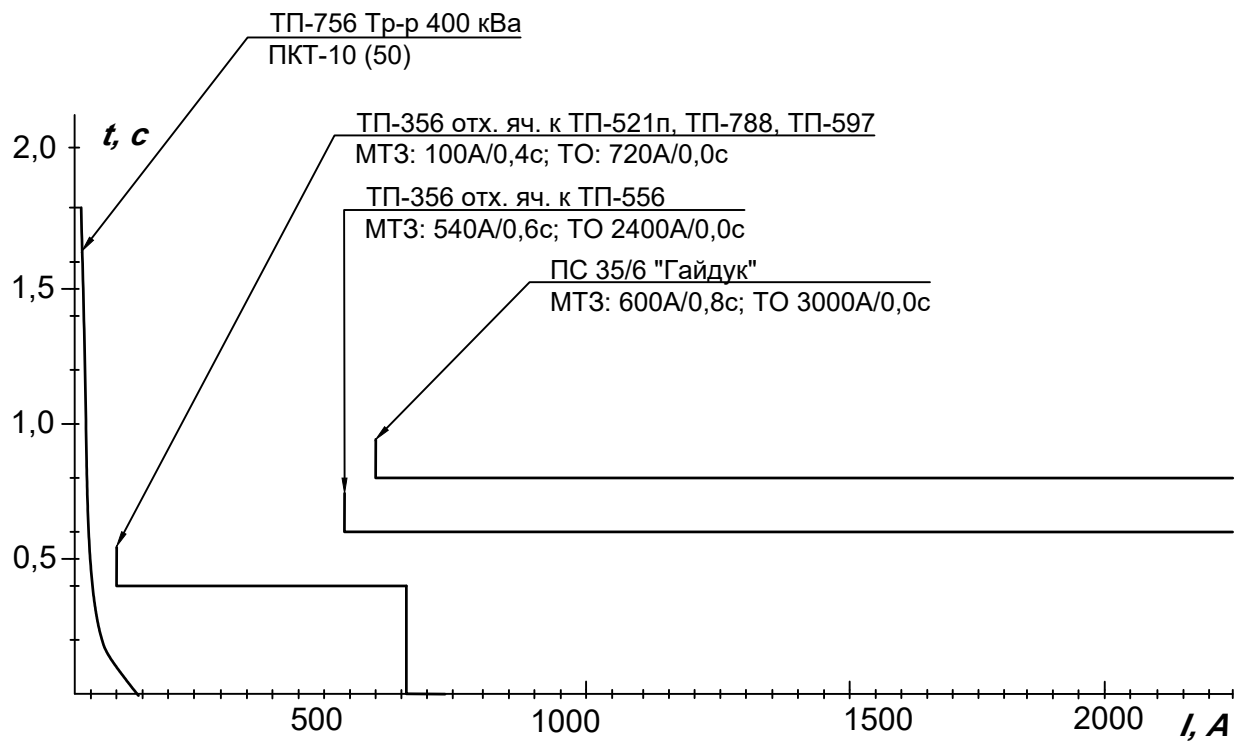
$$I_{сз} \leq \frac{3000}{1,2} = 2500A$$

Принимаем уставку ТО:  $I_{сз} = 720 A, t_{сз} = 0 c$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							7-2022-ПЗ.РЗА	Лист
										14
			Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		



Согласовано



Взам. инв. №												
		Подп. и дата								7-2022-ЭС.Р3А		
Инв. № подл.		Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Строительство трансформаторной подстанции, строительство ЛЭП - 6 кВ в соответствии с договором на ТП № 1-55-21-1127, 1-55-21-1128, 1-55-21-1129, 1-55-21-1130, 1-55-21-1131, 1-55-21-1132, 1-55-21-1133, 1-55-21-1134, 1-55-21-1135, 1-55-21-1136 г. Новороссийск				
		Разраб.		Зубенко			04.22	Схемы сети и исходные данные		Стадия	Лист	Листов
		ГИП		Зубенко			04.22			Р	1	2
		Н.контр.		Стригунов			04.22					
									Карта селективности Е-23 ПС 110/35/6 кВ "Ейск-І"	ООО "ЭлСи"		



## 5. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

При разработке проектной и рабочей документации использованы следующие

нормативные документы:

1) Постановление Правительства РФ №87 от 16 февраля 2008 г. (в ред. Постановления Правительства РФ от 06.07.2020 №864) О составе разделов

проектной документации и требованиях к их содержанию.

2) Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7 издание. 2020 г.

3) РД 34.20.185-94 Инструкция по проектированию городских электрических сетей (с изменениями и дополнениями от 29.06.1999 N213).

4) Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (утв. приказом Минэнерго РФ от 13.01.2003 №6).

5) ГОСТ Р 21.1101-2013 Основные требования к проектной и рабочей документации.

6) Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (приказ №328н от 24.07.2013).

7) ГОСТ 32144-2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

8) РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчёту токов короткого замыкания и выбору электрооборудования.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №								
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата					Лист
										15