

**ИП Павленко Ольга Алексеевна**

---

**Строительство КТП в районе ул. Заречная - пер.  
Кузнечный, с. Цемдолина г. Новороссийск**

Рабочая документация

Внешние сети электроснабжения

**РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ И  
УСТАВОК РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ**

14-2021-ЭС.РЗА

**ИП Павленко Ольга Алексеевна**

---

**Строительство КТП в районе ул. Заречная - пер.  
Кузнечный, с. Цемдолина г. Новороссийск**

Рабочая документация

Внешние сети электроснабжения

**РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ И  
УСТАВОК РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ**

**14-2021-ЭС.РЗА**

Саморегулируемая организация  
Ассоциация проектировщиков «Проектирование дорог и инфраструктуры»  
№ 11 от 05 июня 2021г.

**О.А. Павленко**

**Главный инженер проекта**

**И.А. Пудовкина**

**2021**

Обозначение	Наименование	Примечание
	Текстовая часть:	
	Титульный лист	
14-2021-ЭС.РЗА. СТ	Содержание тома	
14-2021-ПЗ.РЗА	Пояснительная записка	
	Приложения:	
	Графическая часть:	
14-2021-ЭС.РЗА	Комплект схем применных для выполнения необходимых расчетов в данном томе	

[illegible]

# СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения	6
1.1 Исходные данные и основание для проектирования	6
1.2 Состав и объем проектирования	6
2. Исходные данные	7
3. Определение токов КЗ	8
3.1 Расчет токов КЗ по присоединению ДСК-10, ДСК-14 ПС 110/6 кВ "ДСК".	9
4. Расчет релейной защиты	11
4.1 Расчет уставок прис. № 10 ПС 110/6 кВ "ДСК"	11
5. Нормативные ссылки	14

Инв. № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №													
						14-2021-ПЗ.РЗА										
	Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата										
	ГИП		Пудовкина				Содержание пояснительной записки						Стадия	Лист	Листов	
													Р	4	17	
													ИП Павленко			
	Н.контр.		Холодин													

# 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

## 1.1 Исходные данные и основание для проектирования

Рабочая документация по данному объекту разработана на основании утвержденного главным инженером ОАО «НЭСК-электросети» Технического задания на проектирование по объекту «Строительство КТП в районе ул. Заречная - пер. Кузнечный, с. Цемдолина г. Новороссийск»).

## 1.2 Состав и объем проектирования

Настоящий проект выполнен в соответствии с требованиями Задания на проектирование.

Утвержденное техническое задание на проектирование приведено в приложении А.

В объем проектирования настоящего проекта входит:

- расчет токов короткого замыкания (КЗ);
- расчет уставок релейной защиты (РЗ);

Состав разделов проектной документации и их содержание соответствует требованиям постановления Правительства РФ №87 от 16.02.2008 г.

«О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию», в редакции постановления правительства РФ № 1044 от 21.12.2009 г.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист		
									14-2021-ПЗ.РЗА		
									5		
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата						

## 2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

### 1. Токи КЗ на ПС 110/6 кВ "ДСК"

-	Максимальный режим - $I^{(3)}_{\max} = 17,702 \text{ кА}$
-	Минимальный режим - $I^{(3)}_{\min} = 6,697 \text{ кА}$

### 2. Данные по защитах прис. 10 ПС 110/6 кВ "ДСК"

-	Реле	РТ-40
-	Уставка МТЗ	800А / 0,5с
-	Уставка ТО	2400А / 0,0с
-	Трансформатор тока	ТОЛ-10 400/5

### 3. Данные по защитах СВ 6 кВ ПС 110/6 кВ "ДСК"

-	Уставка МТЗ	2400А / 1,5с
-	Трансформатор тока	ТОЛ-10 1000/5

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

14-2021-ПЗ.РЗА

Лист

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 определим по формулам:

$$X_{с\ max} = U_n / (\sqrt{3} * I^{(3)}_{max}) = 6,3 / ((\sqrt{3} * 17,702) = 0,205\ \text{Ом},$$

$$X_{с\ min} = U_n / (\sqrt{3} * I^{(3)}_{min}) = 6,3 / ((\sqrt{3} * 6,697) = 0,543\ \text{Ом}.$$

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 630кВА

$$Z_{тр} = \sqrt{(R_{тр})^2 + (X_{тр})^2} = 9,625\ \text{Ом}$$

Ток короткого замыкания (КЗ) определяется по формуле:

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

где:

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

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

Инв. № подл.	Взам. инв. №					Ток короткого замыкания (КЗ) определяется по формуле: $I^{(3)} = U_n / (\sqrt{3} * \sqrt{((\Sigma R)^2 + (\Sigma X)^2)})$ где: $\Sigma R$ - сумма активных сопротивлении линий рассматриваемого участка, Ом $\Sigma X$ - сумма индуктивных сопротивлении линий рассматриваемого участка, Ом	
	Подп. и дата						
						14-2021-ПЗ.РЗА	Лист
							7
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

### 3.1 Расчет токов КЗ по присоединению ДСК-10, ДСК-14 ПС 110/6 кВ "ДСК".

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. ДСК-10, ДСК-14.

№ Уч.	Наименование элемента	Тип	Сечение, мм <sup>2</sup>	Длина, км	Удельные характеристики, Ом/км		Сопротивление, Ом	
					R	X	R	X
1	ДСК-10 - РП-13	АСБ	240	1,85	0,133	0,068	0,246	0,126
2	РП-13 - ТП-486	АСБ	240	0,3	0,133	0,068	0,040	0,020
3	ТП-486 - РП-11	АСБ	185	0,2	0,16	0,071	0,032	0,014
4	РП-11 - ТП-360	АСБ	120	0,28	0,25	0,08	0,070	0,022
5	ТП-360 - КРУН-11	АСБ	120	0,15	0,25	0,08	0,038	0,012
6	КРУН-11 - ТП-350	АСБ	120	0,36	0,25	0,08	0,091	0,029
7	ТП-350 - ТП-510	ААБл	95	1,587	0,329	0,083	0,522	0,132
8	ТП-510 - ТП-766	АСБ	120	0,3	0,25	0,08	0,075	0,024
9	ТП-766 - КРУН-26	ААБ	240	0,4	0,12	0,075	0,048	0,030
10	КРУН-26 - ТП-666	АСБ	240	0,218	0,133	0,068	0,029	0,015
11	РП-11 - ТП-364	ААШв	95	0,52	0,32	0,09	0,166	0,045
12	ТП-364 - ТП-833	АСБ	120	0,30	0,25	0,08	0,075	0,024
13	ТП-833 - ТП-353	АСБ	185	0,20	0,16	0,07	0,032	0,014
14	ТП-833 - ТП-353	АСБ	185	0,1	0,16	0,071	0,016	0,007
15	ТП-353 - ТП-1425П	ААШв	70	0,622	0,44	0,09	0,274	0,056
16	ТП-1425П - ТП-663	ААШв	70	0,235	0,44	0,09	0,103	0,021
17	ТП-663 - ТП-362	ААШв	70	0,585	0,44	0,09	0,257	0,053
18	ТП-362 - ТП-372	ААШв	70	0,41	0,44	0,09	0,180	0,037

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									14-2021-ПЗ.РЗА	
			Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	8	



Для расчета тока короткого замыкания в точке К1 нам понадобятся сопротивления участков № 1-3 и сопротивление системы в максимальном и минимальном режиме сети 6 кВ.

Согласно формуле приведенной ранее получим следующие выражения:

$$I_{\max}^{(3)} = 10,5 / (\sqrt{3} * \sqrt{(0,246)^2 + (0,126 + 0,205)^2}) = 8,814 \text{ кА}$$

$$I_{\min}^{(3)} = 10,5 / (\sqrt{3} * \sqrt{(0,246)^2 + (0,126 + 0,543)^2}) = 5,103 \text{ кА}$$

Сведем результаты расчетов в Таблицу 2.

Таблица 2. Значения токов КЗ на прис. ДСК-10, ДСК-14 ПС 110/6 кВ "ДСК"

Точка КЗ	Место КЗ	Уб	Увн			Унн		
			max 3ф.	min 3ф.	min 2ф.	max 3ф.	min 3ф.	min 2ф.
К1	На шинах 6 кВ РП-13	6,3	8,814	5,103	4,419	-	-	-
К2	На шинах 6/0,4 кВ ТП-486	6,3	8,024	4,874	4,221	0,625	0,591	0,512
К3	На шинах 6 кВ РП-11	6,3	7,503	4,711	4,080	-	-	-
К4	На шинах 6/0,4 кВ ТП-350	6,3	5,411	3,932	3,405	0,926	0,853	0,739
К5	На шинах 6 кВ ТП-666	6,3	2,699	2,370	2,052	-	-	-
К6	На шинах 6/0,4 кВ Проект. ТП	6,3	4,901	3,697	3,201	0,919	0,847	0,734
К7	На шинах 6 кВ ТП-372	6,3	2,343	2,120	1,836	0,583	0,553	0,479

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
									9
			Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	

#### 4. Определяем уставки срабатывания РЗА яч. 6кВ ДСК-10 ПС 110/6 кВ «ДСК»:

##### Исходные данные для расчета:

Существующие уставки РЗА яч. 6кВ ДСК-10 ПС 110/6 кВ «ДСК»:

$K_{\text{ТТ}}=400/5$

ТО: 2400А/0с

МТЗ: 800А/1,0с

Реле: РТ-40

Существующие уставки РЗА вводной яч. 6кВ в «РП-13»:

$K_{\text{ТТ}}=400/5$

ТО: выведено

МТЗ: выведено

Реле: РТ-85/1

Существующие уставки РЗА отходящей яч. 6кВ «РП-13» в сторону ТП-486:

$K_{\text{ТТ}}=200/5$

ТО: 1760А/0с

МТЗ: 440А/0,5с

Реле: РТВ-1

#### 4.1. Проверяем актуальность существующих уставок РЗА яч. 6кВ ДСК-10 ПС 110/6 кВ «ДСК» в связи с реконструкцией участка сети:

##### 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 1,5 (РТ-40);

$K_{\text{сзп}}$ - 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 ДСК-10 определяем по максимальной разрешенной мощности.

$P_{\text{сущ.разреш.ДСК-10}} = 2868\text{кВт}$  – существующая максимальная разрешенная мощность присоединение 6кВ ДСК-10;

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

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

							14-2021-ПЗ.РЗА	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			10

$$I_{\text{раб.макс.}} = \frac{2868}{\sqrt{3} \cdot 6,3 \cdot 0,93} = 283 \text{ A.}$$

Ток срабатывания МТЗ:

$$I_{\text{сз}} \geq \frac{1,5 \cdot 1,3}{0,85} \cdot 283 = 649 \text{ A.}$$

Принимаем уставку МТЗ без изменения:  $I_{\text{сз}} = 800 \text{ A}$ ,  $t_{\text{сз}} = 1,0 \text{ с}$

**4.1.2. Определяем коэффициент чувствительности, при двухфазном коротком замыкании в точке К1 (основная зона чувствительности МТЗ):**

$$k_{\text{чув.}} = \frac{I_{\text{мин.кз.}}^2}{I_{\text{уст.}}^2} = \frac{4419}{800} = 5,5 \geq 1,5, \text{ что соответствует ПУЭ п.3.2.25.}$$

**4.1.3 Проверка трансформаторов тока в ячейке 6 кВ ДСК-10:**

Проверяем существующие трансформаторы тока яч. 6кВ ДСК-10 ( $K_{\text{т}}=400/5$ ) по условию нагрузки:

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

$$I_{\text{раб.макс.}} = 283 \text{ A}$$

$283 \leq 400 \text{ A}$  - условие выполняется. Замена трансформаторов тока с коэффициентом 400/5 не требуется.

**4.1.4. Токовая отсечка:**

Ток срабатывания по отстройке от максимального тока короткого замыкания на стороне 6кВ РП-13 точка К1:

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

где  $K_{\text{н}}$ -коэффициент надежности, принимаем равным 1,2 (РТ-40);

$I_{\text{макс.кз2}}^3$ - ток КЗ в точке К1 (на шинах 6кВ РП-13);

$$I_{\text{сз}} \geq 1,2 \cdot 8814 = 10578 \text{ A}$$

Принимаем уставку ТО без изменения:  $I_{\text{сз}} = 2400 \text{ A}$ ,  $t_{\text{сз}} = 0 \text{ с}$ .

**4.2 Проверяем существующие уставки РЗА отходящей яч. 6кВ «РП-2» в сторону ТП-486 в связи реконструкцией сети:**

**4.2.1 Максимальная токовая защита:**

Определяем ток срабатывания:

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

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	14-2021-ПЗ.РЗА	Лист
							11

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

где  $K_H$ -коэффициент надежности, принимаем равным 1,5 (РТВ-1);

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

$K_B$ - коэффициент возврата, принимаем равным 0,8;

#### 4.1.1 Максимальная токовая защита:

Определяем ток срабатывания:

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

где  $K_H$ -коэффициент надежности, принимаем равным 1,3 (РТ-85/1);

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

$K_B$ - коэффициент возврата, принимаем равным 0,85;

$I_{раб.макс}$ - максимальный рабочий ток, для присоединения 6 кВ определяем по максимальной разрешенной мощности.

$P_{сущ.разреш.} = 2293 \text{ кВт}$  – существующая максимальная разрешенная мощность присоединение 6кВ;

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

$$I_{раб.макс.} = \frac{2293}{\sqrt{3} \cdot 6,3 \cdot 0,93} = 226 \text{ А.}$$

Ток срабатывания МТЗ:

$$I_{сз} \geq \frac{1,3 \cdot 1,3}{0,85} \cdot 226 = 449 \text{ А.}$$

Принимаем уставку МТЗ без изменения  $I_{сз} = 440 \text{ А}$ ,  $t_{сз} = 0,5 \text{ с}$

#### 4.1.2. Проверка трансформаторов тока в ячейке 6 кВ РП-13 в сторону ТП-486:

Проверяем существующие трансформаторы тока яч. 6кВ РП-13 в сторону ТП-486 ( $K_{тт}=200/5$ ) по условию нагрузки:

$$I_{раб. макс.} \leq I_{ном.тт}$$

$$I_{раб.макс.} = 202 \text{ А}$$

$202 \leq 200 \text{ А}$  - условие не выполняется. Требуется замена трансформаторов тока с коэффициентом 200/5 на коэффициент 300/5 или 400/5.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									14-2021-ПЗ.РЗА	
			Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	12	

4.1.3. Определяем коэффициент чувствительности, при двухфазном коротком замыкании в точке К7 (основная зона чувствительности МТЗ):

$$k_{\text{чув.}} = \frac{I_{\text{мин.кз.}}^2}{I_{\text{уст.}}} = \frac{1836}{440} = 4,17 \geq 1,5, \text{ что соответствует ПУЭ п.3.2.25.}$$

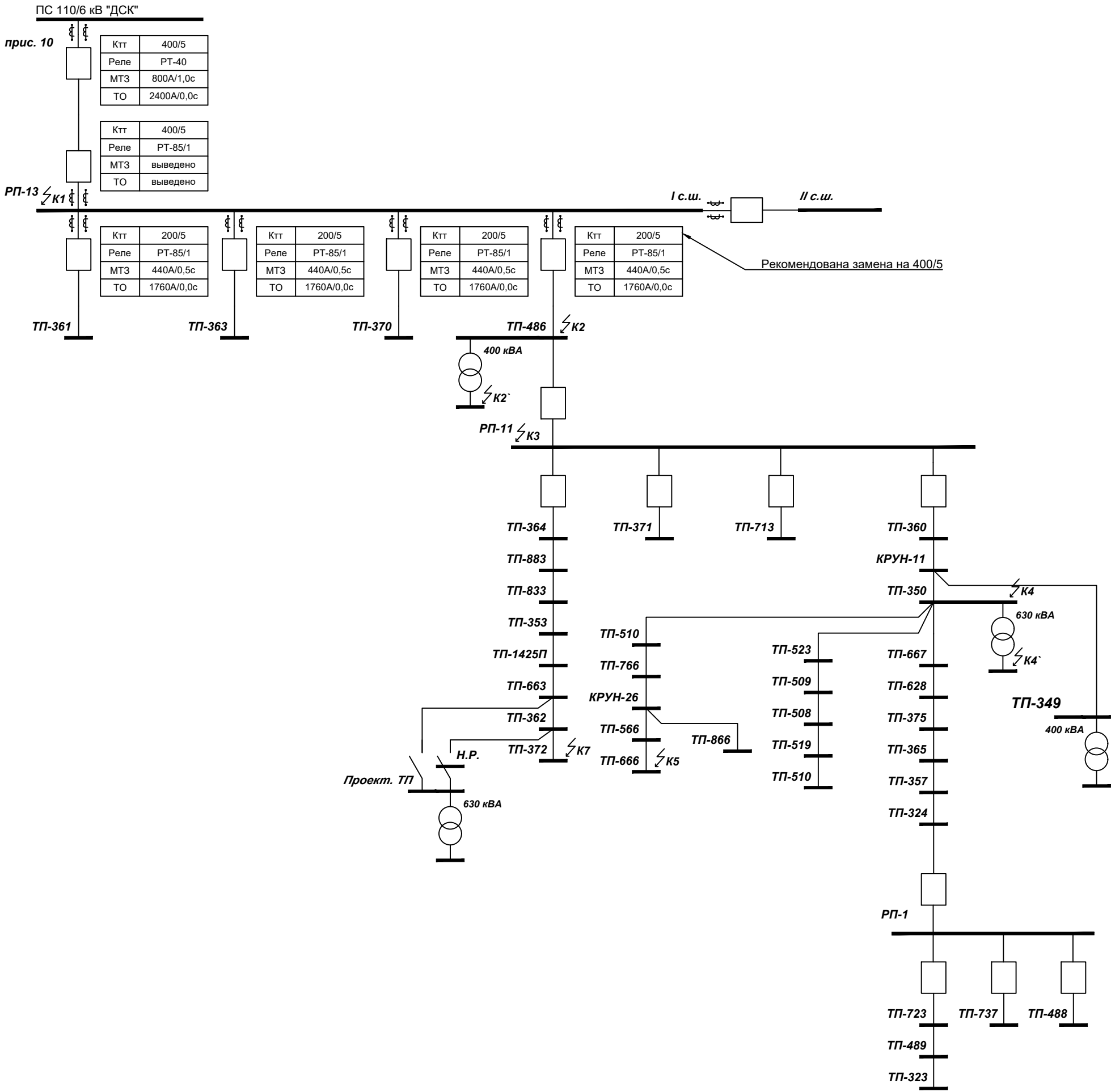
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
									14-2021-ПЗ.РЗА
			Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	13

Согласовано

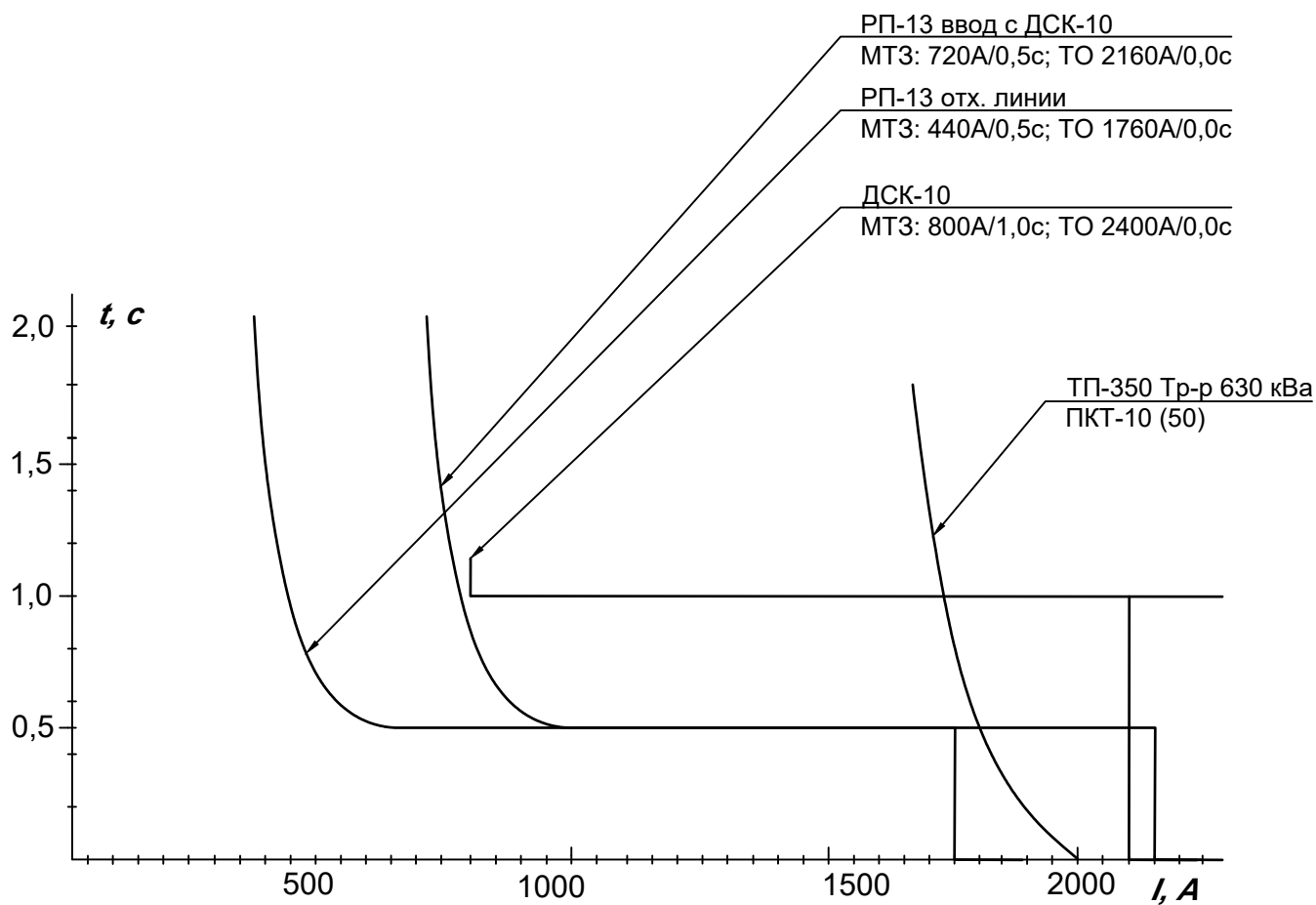
Инв. № подл. Подп. и дата Взам. инв. №

						14-2021-ЭС.РЗА			
						Строительство КТП в районе ул. Заречная - пер. Кузнечный, с. Цемдолина г. Новороссийск			
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Схемы сети и исходные данные	Стадия	Лист	Листов
ГИП		Пудовкина					П	1	2
Н.контр.		Холодин					ИП Павленко		

Формат



Согласовано



Взам. инв. №		Подп. и дата								14-2021-ЭС.РЗА			
										Строительство КТП в районе ул. Заречная - пер. Кузнечный, с. Цемдолина г. Новороссийск			
				Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата				
										Схемы сети и исходные данные		Стадия	Лист
ГИП	Пудовкина					П	2	2					
						Карта селективности присоединений № 10 ПС 110/6 кВ "ДСК"		ИП Павленко					
Н.контр.	Холодин												
Инв. № подл.													

## 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 06.07.2019 №864) О составе разделов

проектной документации и требованиях к их содержанию.

2) Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7 издание. 2019 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							14-2021-ПЗ.РЗА	Лист
		Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		14