

Российская Федерация  
Ставропольский край  
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
**«СК-ЮГ26»**  
355040, г. Ставрополь, ул. Пирогова, д. 15А, офис 412  
ИНН: 2635243659 ОГРН: 1192651019670

---

## ПРОЕКТНАЯ И РАБОЧАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Реконструкция КЛ-6 кВ от ТП-17 до ТП-110  
присоединение Р-Г4, протяженность 0,410 км  
г. Армавир

26.2-21-ЭС.РЗА

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА , ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ,  
СПЕЦИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ.

Том 2

Заказчик: АО « НЭСК-электросети»

Договор субподряда: №

г. Ставрополь

2021 г.

## ПРОЕКТНАЯ И РАБОЧАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Реконструкция КЛ-6 кВ от ТП-17 до ТП-110  
присоединение Р-Г4, протяженность 0,410 км  
г. Армавир

26.2-21-ЭС.Р3А

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА , ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ,  
СПЕЦИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ.

Том 2

Директор

Козодеров С.В.

г. Ставрополь

2021 г.

Обозначение	Наименование	Примечание
	Текстовая часть:	
	Титульный лист	
Заказ № 26.2-21-ЭС.РЗА.РЗА.СТ	Содержание тома	
26.2-21-ПЗ.РЗА	Пояснительная записка	
	Приложения:	
	Графическая часть:	
Заказ № 26.2-21-ЭС.РЗА.РЗА	Комплект схем применных для выполнения необходимых расчетов в данном томе	

Инв. № подл.	Подп. и дата					Взам. инв. №				
	Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Заказ № 26.2-21-ЭС.РЗА.РЗА.СТ			
	ГИП		Козодеров С.В.				Содержание тома	Стадия	Лист	Листов
								Р	3	14
	Выполн.		Кунашев С.А.					ООО "СК-ЮГ26"		

## 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 прис. 6 кВ Р-Г4 ПС 110/35/10/6 кВ "Речная".....	8
4. Расчет уставок срабатывания устройств РЗА нов. прис 10 кВ ПС 110/35/10/6 кВ "Речная".....	12
5. Нормативные ссылки.....	14

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							
							26.2-21-ПЗ.РЗА		
	Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			
	ГИП			Козодеров С.В.					
	Выполн.			Кунашев С.А.					

## 1. Общие сведения и исходные данные

Данным проектом предусматривается:

- расчет токов короткого замыкания по прис. 6 кВ Р-Г4 ПС 110/35/10/6 кВ "Речная".
- расчет и выбор уставок РЗА по прис. 6 кВ Р-Г4 ПС 110/35/10/6 кВ "Речная".

Настоящий проект выполняется на основании технического задания на проектирование "Реконструкция КЛ-6 кВ от ТП-17 до ТП-110 присоединение Р-Г4, протяженность 0,410 км г. Армавир".

В настоящем проекте все технические решения по сооружениям, конструкциям, оборудованию и технической части приняты и разработаны в полном соответствии с действующими на дату выпуска проекта нормами и правилами, включая правила пожаро- и взрывобезопасности. Проект разработан в соответствии с государственными нормами, правилами и стандартами.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №								
									Лист	
									5	
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	26.2-21-ПЗ.РЗА				



### 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:

$$X_{с\ max} = U_n / (\sqrt{3} * I^{(3)}_{max}) = 6,3 / ((\sqrt{3} * 17,220) = 0,211\ \text{Ом},$$

$$X_{с\ min} = U_n / (\sqrt{3} * I^{(3)}_{min}) = 6,3 / ((\sqrt{3} * 7,310) = 0,498\ \text{Ом}.$$

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

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

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.	Подп. и дата	Взам. инв. №					26.2-21-ПЗ.РЗА		Лист
									7
			Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	

### 3.1 Расчет токов КЗ по прис. 6 кВ Р-Г4 ПС 110/35/10/6 кВ "Речная".

Для расчета токо 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. Р-Г4

№ Уч.	Наименование элемента	Тип	Сечение, мм2	Длина, км	Удельные характеристики, Ом/км		Сопротивление, Ом	
					R	X	R	X
1	Р-Г4 - РП-1	АСБ	240	4,2	0,133	0,068	0,559	0,286
2	РП-1 - ТП-187	ААШв	120	0,43	0,26	0,086	0,112	0,037
3	ТП-187 - ТП-186	ААБ	150	0,44	0,208	0,079	0,092	0,035
4	ТП-186 - ТП-110	ААБ	240	0,28	0,12	0,075	0,034	0,021
5	ТП-110 - ТП-17	АСБ	150	0,40	0,20	0,07	0,080	0,028
6	ТП-17 - ТП-130	АСБ	120	0,50	0,25	0,08	0,125	0,040
7	ТП-130 - ТП-92	АСБ	150	0,05	0,20	0,07	0,010	0,004
8	ТП-92 - ТП-0117-П	АСБ	70	0,48	0,44	0,08	0,211	0,038
9	ТП-92 - ТП-0117-П	ААШв	95	0,07	0,32	0,087	0,022	0,006
10	ТП-92 - ТП-0117-П	ААБ	95	0,41	0,32	0,08	0,131	0,033
11	РП-1 - ТП-0109	АСБ	150	0,8	0,2	0,07	0,160	0,056

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №						
							26.2-21-ПЗ.РЗА	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			8



Для расчета тока короткого замыкания в точке К1 понадобится:  
сопротивление участков № 1,2 и сопротивление системы в максимальном и минимальном режиме сети 6 кВ.

Согласно формуле приведенной ранее получим следующие выражения:

$$I^{(3)}_{\max} = 6,3 / (\sqrt{3} * \sqrt{((0,559)^2 + (0,286 + 0,221)^2)}) = 4,337 \text{ кА}$$

$$I^{(3)}_{\min} = 6,3 / (\sqrt{3} * \sqrt{((0,559)^2 + (0,286 + 0,498)^2)}) = 3,233 \text{ кА}$$

Сведем результаты расчетов в Таблицу 2.

Таблица 2. Значения токов КЗ на прис. 6 кВ Р-Г4 ПС 110/35/10/6 кВ "Речная"

Точка КЗ	Место КЗ	Uб	Увн			Uб	Унн		
			max 3ф.	min 3ф.	min 2ф.		max 3ф.	min 3ф.	min 2ф.
К1	На шинах 6 кВ РП-1	6,3	4,337	3,233	2,800	6,3	-	-	-
К2	На шинах 6/0,4 кВ ТП-186	6,3	3,455	2,716	2,352	6,3	0,805	0,757	0,656
К3	На шинах 6/0,4 кВ ТП-17	6,3	3,091	2,486	2,153	6,3	0,717	0,679	0,588
К4	На шинах 6 кВ ТП-0117-П	6,3	2,160	1,846	1,598	6,3	-	-	-
К5	На шинах 6 кВ ТП-0109	6,3	3,612	2,812	2,436	6,3	-	-	-

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									26.2-21-ПЗ.РЗА	
									9	
			Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

#### 4. Определяем уставки срабатывания РЗА яч. 6кВ Р-Г4 ПС 110/35/10/6 кВ «Речная»:

##### Исходные данные для расчета:

Существующие уставки РЗА яч. 6кВ Р-Г4 ПС 110/35/10/6 кВ «Речная»:

$K_{\text{тт}}=600/5$

ТО: 4200А/0с;

МТЗ: 600А/1,0с;

Реле: РТ-85/1

Существующие уставки РЗА вводной яч. 6кВ РП-1 Пс.ш.:

$K_{\text{тт}}=600/5$

ТО: выведена

МТЗ: выведена

Реле: РТВ

Существующие уставки РЗА СВВ 6кВ РП-1:

$K_{\text{тт}}=400/5$

ТО: выведена

МТЗ: выведена

Реле: РТ-85/1

Существующие уставки РЗА отходящей яч. 6кВ от РП-1 в сторону ТП-110:

$K_{\text{тт}}=100/5$

ТО: 480А/0с;

МТЗ: 120А/0,5с;

Реле: РТ-85/1

#### 4.1. Проверяем актуальность существующих уставок РЗА ячейке 6кВ питающего центра Р-Г4 в связи добавлением мощности 150кВт и изменение конфигурации 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-85/1);

$K_{\text{сзп}}$ - 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 Р-Г4 определяем по максимальной разрешенной мощности.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									26.2-21-ПЗ.РЗА	
									10	
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата					

$P_{\text{сущ.разреш.Р-Г4}} = 2500 \text{ кВт}$  – существующая максимальная разрешенная мощность присоединение 6кВ Р-Г4;

$P_{\text{доб.Р-Г4}} = 150 \text{ кВт}$  – добавленная мощность (проектируемая ТП 160кВА);

$P_{\text{мак.разреш.Р-Г4}} = 2650 \text{ кВт}$  – максимальная разрешенная мощность присоединение 6кВ Р-Г4 в нормальном режиме с учетом добавленной

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

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

Ток срабатывания МТЗ:

$$I_{\text{сз}} \geq \frac{1,5 \cdot 1,3}{0,85} \cdot 261 = 598 \text{ А.}$$

**Принимаем уставку МТЗ без изменения:  $I_{\text{сз}} = 600 \text{ А}$ ,  $t_{\text{сз}} = 1,0 \text{ с}$**

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

$$k_{\text{чув.}} = \frac{I_{\text{мин.кз.}}^2}{I_{\text{уст.}}^2} = \frac{2800}{600} = 4,7 \geq 1,5, \text{ что соответствует ПУЭ п.3.2.25.}$$

**4.1.3. Проверка существующих трансформаторов яч. 6 кВ Р-Г4 ПС 110/35/10/6 кВ «Речная» ( $k_{\text{т}}=600/5$ ) по условию максимальной нагрузки:**

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

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

$$261 \leq 600 \text{ (условие выполняется).}$$

**Замены трансформатора тока с коэффициентом 600/5 не требуется.**

**4.1.2. Токовая отсечка:**

Ток срабатывания по отстройке от максимального тока короткого замыкания на стороне 0,4кВ:

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

где  $K_{\text{н}}$ -коэффициент надежности, принимаем равным 1,5 (для РТ-85/1);

$I_{\text{макс.КЗ2}}^3$ - ток КЗ в точке К2' (на шинах 0,4кВ ТП-186);

$$I_{\text{сз}} \geq 1,5 \cdot 805 = 1208 \text{ А}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									26.2-21-ПЗ.РЗА	
			Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	11	

Ток срабатывания по отстройки от максимального тока короткого замыкания на стороне 6кВ (шины РП-1):

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

где  $K_H$ -коэффициент надежности, принимаем равным 1,5 (рт-85/1);  
 $I_{\text{макс.КЗ}}^3$  - ток КЗ в точке К1 (на шинах 6кВ РП-1);

$$I_{сз} \geq 1,1 \cdot 4337 / 3233 = 4771 / 3556 \text{ А}$$

Принимаем уставку ТО: ( $k_{кр}=8$ )  $I_{сз} = 4800 \text{ А}$ ,  $t_{сз} = 0 \text{ с}$ .

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

$$k_{\text{чув.}} = \frac{I_{\text{мин.КЗ}}^2}{I_{\text{уст.}}} = \frac{3274}{600} = 5,5 \geq 1,5, \text{ что соответствует ПУЭ п.3.2.25.}$$

**4.2. Проверяем существующие уставки РЗА отходящей яч. 6кВ в сторону ТП-187 в связи добавлением мощности 150кВт:**

**4.2.1 Максимальная токовая защита:**

Определяем ток срабатывания:

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

где  $K_H$ -коэффициент надежности, принимаем равным 1,2 (для Seram-10А);  
 $K_{сзп}$ - коэффициент самозапуска, принимаем равным 1,3;

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

$I_{\text{раб.макс}}$ - максимальный рабочий ток, для яч. 6кВ в сторону ТП определяем по установленной мощности.

$P_{\text{сущ.разреш.}} = 900 \text{ кВт}$  – существующая максимальная разрешенная мощность.

$P_{\text{доб.}} = 150 \text{ кВт}$  – добавленная мощность;

$P_{\text{макс.разреш.}} = 1050 \text{ кВт}$  – максимальная разрешенная мощность присоединение 6 кВ для яч. 6кВ в сторону ТП-187;

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

Инв. № подл.	Подп. и дата					26.2-21-ПЗ.РЗА		Лист
								12
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			

$$I_{\text{раб.макс.}} = \frac{1050}{\sqrt{3} \cdot 6,3 \cdot 0,93} = 103 \text{ А.}$$

Ток срабатывания МТЗ по максимальной разрешенной мощности:

$$I_{\text{сз}} \geq \frac{1,2 \cdot 1,3}{0,95} \cdot 103 = 189 \text{ А.}$$

Принимаем уставку МТЗ без изменения  $I_{\text{сз}} = 320 \text{ А}$ ,  $t_{\text{сз}} = 0,5 \text{ с}$

**4.2.2. Определяем коэффициент чувствительности, при двухфазном коротком замыкании в точке К4 (основная зона чувствительности МТЗ):**

$$k_{\text{чув.}} = \frac{I_{\text{мин.кз.}}^2}{I_{\text{уст.}}^2} = \frac{1598}{320} = 5,0 \geq 1,5, \text{ что соответствует ПУЭ п.3.2.25.}$$

#### 4.2.3 Токовая отсечка:

Ток срабатывания по отстройке от максимального тока короткого замыкания на стороне 0,4кВ ТП 630кВА точка К2':

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

где  $K_{\text{н}}$ -коэффициент надежности, принимаем равным 1,5 (РТ-85/1);

$I_{\text{макс.КЗ2}}^3$ - ток КЗ в точке К2' приведенный к 0,4кВ;

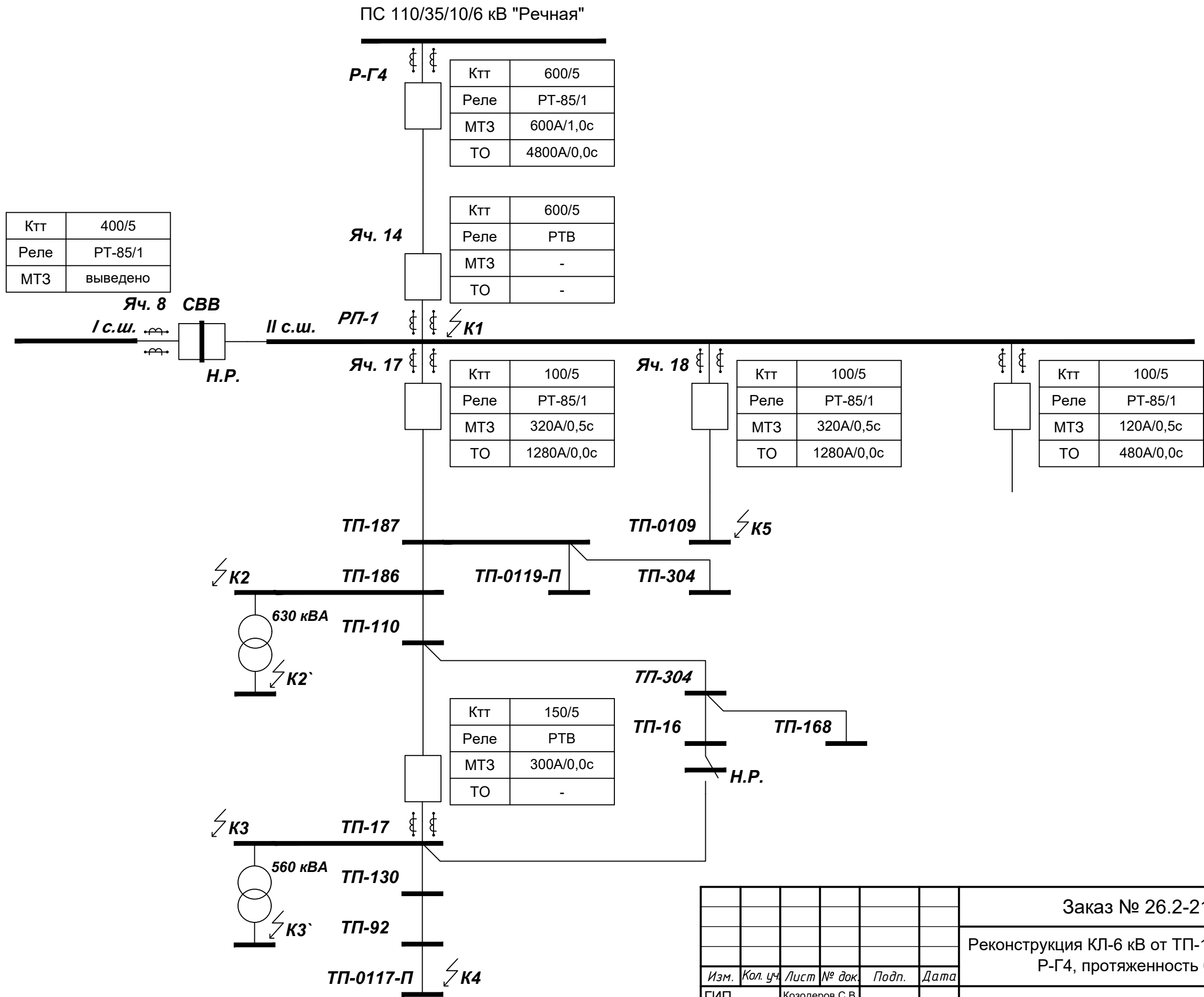
$$I_{\text{сз}} \geq 1,5 \cdot 805 = 1207 \text{ А}$$

Принимаем уставку ТО:  $I_{\text{сз}} = 1280 \text{ А}$ ,  $t_{\text{сз}} = 0 \text{ с}$ .

Инв. № подл.						26.2-21-ПЗ.РЗА		Лист
								13
Подп. и дата								
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			

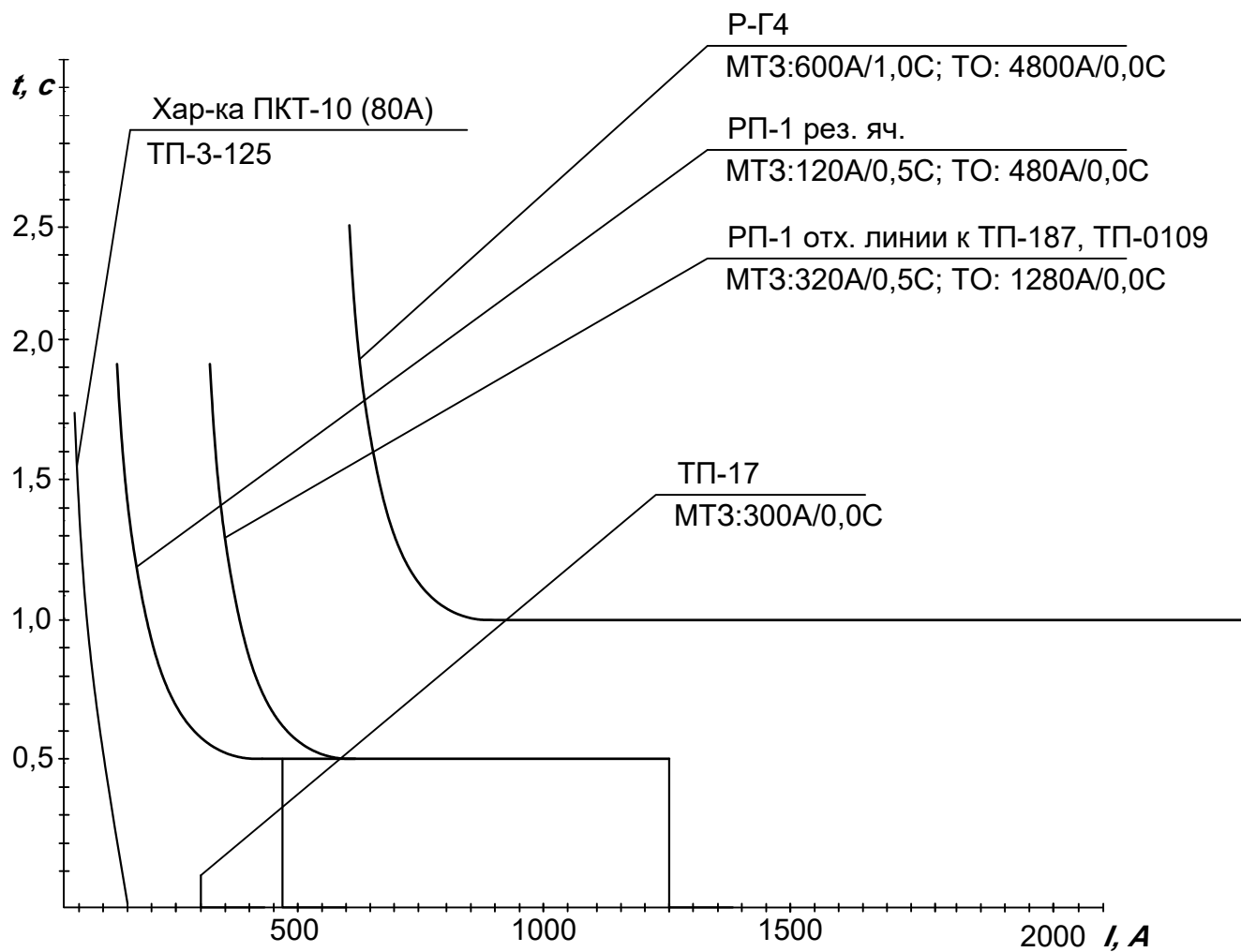
Согласовано

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



						Заказ № 26.2-21-ЭС.РЗА.РЗА			
						Реконструкция КЛ-6 кВ от ТП-17 до ТП-110 присоединение Р-Г4, протяженность 0,410 км г. Армавир			
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Схемы сети и исходные данные	Стадия	Лист	Листов
ГИП		Козодеров С.В.					Р	1	2
Выполн.		Кунашев С.А.				Схема присоединения прис. Р-Г4 ПС 110/35/10/6 кВ "Речная"	ООО "СК-ЮГ26"		

Согласовано



Взам. инв. №							Заказ № 26.2-21-ЭС.Р3А.Р3А					
							Реконструкция КЛ-6 кВ от ТП-17 до ТП-110 присоединение Р-Г4, протяженность 0,410 км г. Армавир					
	Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Схемы сети и исходные данные			Стадия	Лист	Листов
	ГИП	Козодеров С.В.								Р	2	2
Инв. № подл.	Выполн.	Кунашев С.А.					Карта селективности прис. Р-Г4 ПС 110/35/10/6 кВ "Речная"			ООО "СК-ЮГ26"		

## 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							26.2-21-ПЗ.РЗА	Лист
		Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		14