

## Расчет релейной защиты.

### Исходные данные:

Напряжение холостого хода вторичной обмотки трансформатора, питающего распределительную сеть, кВ

$$\cos\phi := 0.87$$

$$U_{xx} := 10.5$$

Токи КЗ на шинах питающей подстанции в максимальном и минимальном режимах, А

$$I_{m3\_max} := 3549$$

$$I_{m3\_min} := 1747.7$$

$$I_{pr\_95} := 0.32 + 0.06 + 0.78 + 0.07 = 1.23$$

м, длина проводов фидера сечением 95 мм<sup>2</sup>

$$I_{pr\_50} := 0.12 + 4.45 + 0.305 = 4.875$$

м, длина проводов фидера сечением 50 мм<sup>2</sup>

### 1. Выбор защиты для трансформатора ТМГ-25-10/0,4.

Мощность трансформатора:

$$S_{nom.t} := 25 \quad \text{kVA}$$

Номинальное напряжение трансформатора на стороне ВН:

$$U_{vn} := 10 \quad \text{kV}$$

Номинальный ток трансформатора на стороне 10 кВ:

$$I_{nom.t} := \frac{S_{nom.t}}{\sqrt{3} \cdot U_{vn} \cdot \cos\phi} = 1.659$$

А

Номинальный ток плавкой вставки предохранителя:

$$I_{nom.pv} := 2 \cdot I_{nom.t} = 3.318$$

А

Выбираем высоковольтный предохранитель ПКТ-101-10-5-12,5 УЗ с номинальным током 5А и номинальным током отсечки 12,5 кА.

### 2. Расчет токов КЗ на шинах 10 кВ трансформаторной подстанции.

#### Расчёт сопротивления системы:

$$z_{c\_max10} := \frac{U_{xx} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot I_{m3\_max}} \cdot \frac{U_{vn}^2}{U_{xx}} = 1.549 \quad \text{Ом, сопротивление системы в максимальном режиме.}$$

$$z_{c\_min10} := \frac{U_{xx} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot I_{m3\_min}} \cdot \frac{U_{vn}^2}{U_{xx}} = 3.146 \quad \text{Ом, сопротивление системы в минимальном режиме.}$$

#### Расчёт сопротивления элементов сети:

$$r_{ud\_95} := 0.299 \quad \text{Ом/км, удельное активное сопротивление проводов АС-95/16.}$$

$$r_{ud\_50} := 0.592 \quad \text{Ом/км, удельное активное сопротивление проводов АС-50/8.}$$

$$r\_95 := r_{ud\_95} \cdot I_{pr\_95} = 0.368 \quad \text{Ом, активное сопротивление линии с проводами АС-95/16}$$

$$r\_50 := r_{ud\_50} \cdot I_{pr\_50} = 2.886 \quad \text{Ом, активное сопротивление линии с проводами АС-50/8.}$$

$$D_{12} := 1300 \quad \text{мм, расстояние между проводами фаз А и В.}$$

$$D_{23} := 1300 \quad \text{мм, расстояние между проводами фаз В и С.}$$

<b>000 "ГазЭнергоМонтаж"</b> Россия, Ростовская область, г. Батайск, ул. Производственная, 5А, оф. 201.	ГИП	Кочин	<i>(Кочин)</i>	Проект Строительство ТП 10/0,4 кВ и ВЛ 10 кВ для БС № 01120	Наименование Расчет релейной защиты.	Раздел ГЭМ-2012-1012-2-П5	Заказчик ОАО "МТС"
	Н.контр	Кочин					
	Инж.	Семиков	<i>(Семиков)</i>				Масштаб Стадия Лист Чертеж
							1/5 5

$D_{13} := 1400$  мм, расстояние между проводами фаз А и С.

$D_{ср} := \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{23} \cdot D_{13}} = 1.333 \times 10^3$  мм, среднее расчетное расстояние между проводами.

$d_{p\_95} := 13.5$  мм, расчетный диаметр провода АС-95/16.

$d_{p\_50} := 9.6$  мм, расчетный диаметр провода АС-50/8.

$$x_{уд\_95} := 0.1445 \cdot \log \frac{2 \cdot D_{ср}}{d_{p\_95}} + 0.0157 = 0.347 \text{ Ом/км, удельное реактивное сопротивление проводов АС-95/16.}$$

$$x_{уд\_50} := 0.1445 \cdot \log \frac{2 \cdot D_{ср}}{d_{p\_50}} + 0.0157 = 0.369 \text{ Ом/км, удельное реактивное сопротивление проводов АС-50/8.}$$

$x\_95 := x_{уд\_95} l_{pp\_95} = 0.427$  Ом, реактивное сопротивление линии с проводами АС-95/16.

$x\_50 := x_{уд\_50} l_{pp\_50} = 1.798$  Ом, реактивное сопротивление линии с проводами АС-50/8.

$$z_{p.c} := \sqrt{(r\_95 + r\_50)^2 + (x\_95 + x\_50)^2} = 3.942 \text{ Ом, полное сопротивление линии.}$$

#### Расчет токов короткого замыкания:

$$I_{k3\_max10} := \frac{U_{вн} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot (z_{c\_max10} + z_{p.c})} = 1.051 \times 10^3 \text{ А, ток трехфазного короткого замыкания на шинах 10 кВ в максимальном режиме.}$$

$$I_{k3\_min10} := \frac{U_{вн} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot (z_{c\_min10} + z_{p.c})} = 814.547 \text{ А, ток трехфазного короткого замыкания на шинах 10 кВ в минимальном режиме.}$$

$$I_{k2\_max10} := \frac{\sqrt{3} \cdot I_{k3\_max10}}{2} = 910.557 \text{ А, ток двухфазного короткого замыкания на шинах 10 кВ в максимальном режиме.}$$

$$I_{k2\_min10} := \frac{\sqrt{3} \cdot I_{k3\_min10}}{2} = 705.418 \text{ А, ток двухфазного короткого замыкания на шинах 10 кВ в минимальном режиме.}$$

#### 3. Расчет токов КЗ на шинах 0.4 кВ трансформаторной подстанции.

Номинальное напряжение трансформатора на стороне НН:  $U_{нн} := 0.4$  кВ

#### Расчет сопротивления элементов сети:

Удельное сопротивление алюминиевых шин 50\*5:  $r_{1ш} := 0.177$  мОм/м  
 $x_{1ш} := 0.17$  мОм/м

Сопротивление болтового соединения:  $r_6 := 0.03$  мОм

Переходное сопротивление контактов разъединителя 400 А:  $r_{1p400} := 0.2$  мОм

Переходное сопротивление контактов разъединителя 100 А:  $r_{1p100} := 0.5$  мОм

<b>ООО "ГазЭнергоМонтаж"</b> <b>Россия, Ростовская область, г. Батайск,</b> <b>ул. Производственная, 5А, оф. 201.</b>	ГИП	Кочин	<b>Проект</b> <b>Строительство ТП 10/0,4 кВ и ВЛ 10 кВ для БС № 01120</b> <b>Наименование</b> <b>Расчет релейной защиты.</b>	Заказчик	<b>ОАО "МТС"</b>		
	Н.контр	Кочин					
	Инж.	Семиков					
					Раздел	<b>ГЭМ-2012-1012-2-П5</b>	
					Часы/д	P	Лист
					2/5		Чертеж
							5
					Формат А4		

Эквивалентное индуктивное сопротивление системы, приведенное к стороне НН:

$$x_{c\_max0.4} := z_{c\_max10} \cdot \frac{U_{NN}}{U_{BH}}^2 \cdot 10^3 = 2.479 \text{ мОм}$$

$$x_{c\_min0.4} := z_{c\_min10} \cdot \frac{U_{NN}}{U_{BH}}^2 \cdot 10^3 = 5.034 \text{ мОм}$$

Мощность потерь короткого замыкания трансформатора:  $P_{K3} := 0.63 \text{ кВт}$

Напряжение короткого замыкания трансформатора:  $\Delta U_{K3\%} := 5.5 \%$

Активное сопротивление трансформатора, приведенное к стороне НН:

$$r_{1T} := P_{K3} \cdot \frac{U_{NN}}{S_{nom.T}}^2 \cdot 10^6 = 161.28 \text{ мОм}$$

Полное сопротивление трансформатора, приведенное к стороне НН:

$$z_{1T} := \Delta U_{K3\%} \cdot \frac{U_{NN}}{S_{nom.T}}^2 \cdot 10^4 = 352 \text{ мОм}$$

Реактивное сопротивление трансформатора, приведенное к стороне НН:

$$x_{1T} := \sqrt{z_{1T}^2 - r_{1T}^2} = 312.878 \text{ мОм}$$

Суммарное активное сопротивление прямой последовательности цепи КЗ:

$$r_{\Sigma} := \frac{(r_{1III} \cdot 3 + r_6 \cdot 3 + r_{1P400} + r_{1P100} + r_{1T})}{10^3} = 0.163 \text{ Ом}$$

Суммарное индуктивное сопротивление прямой последовательности цепи КЗ:

$$x_{\Sigma\_max} := \frac{(x_{1III} \cdot 3 + x_{c\_max0.4} + x_{1T})}{10^3} = 0.316 \text{ Ом}$$

$$x_{\Sigma\_min} := \frac{(x_{1III} \cdot 3 + x_{c\_min0.4} + x_{1T})}{10^3} = 0.318 \text{ Ом}$$

Расчёт токов короткого замыкания:

$$I_{K3\_max0.4} := \frac{U_{NN} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r_{\Sigma}^2 + x_{\Sigma\_max}^2}} = 650.056 \text{ А, ток трехфазного короткого замыкания на шинах 0,4 кВ в максимальном режиме.}$$

$$I_{K3\_min0.4} := \frac{U_{NN} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r_{\Sigma}^2 + x_{\Sigma\_min}^2}} = 645.922 \text{ А, ток трехфазного короткого замыкания на шинах 0,4 в минимальном режиме.}$$

<b>ООО "ГазЭнергоМонтаж"</b> <b>Россия, Ростовская область, г. Батайск,</b> <b>ул. Производственная, 5А, оф. 201.</b>	ГИП	Кочин		Проект	Строительство ТП 10/0,4 кВ и ВЛ 10 кВ для БС № 01120	Заказчик	ОАО "МТС"
	Н.контр	Кочин		Наименование	Расчет релейной защиты.		
	Инж.	Семиков		Раздел			ГЭМ-2012-1012-2-П5
				Насчит	P	Лист	3/5
				Чертеж			5

$$I_{k2\_max0.4} := \frac{\sqrt{3} \cdot I_{k3\_max0.4}}{2} = 562.965$$

А, ток двухфазного короткого замыкания на шинах 0,4кВ кВ в максимальном режиме.

$$I_{k2\_min0.4} := \frac{\sqrt{3} \cdot I_{k3\_min0.4}}{2} = 559.385$$

А, ток двухфазного короткого замыкания на шинах 0,4 кВ в минимальном режиме.

#### 4. Проверка чувствительности защит.

Проверка защит на питающей ПС по отношению к предохранителю в ТП:

Коэффициент трансформации трансформаторов тока:

$$K_T := \frac{300}{5} = 60$$

Коэффициент схемы для двух реле, соединенных в "неполную звезду":  $K_{cx} := 1$

Ток срабатывания защиты:  $I_{c3} := 300$  А

Ток срабатывания реле:

$$I_{cp} := \frac{I_{c3} \cdot K_{cx}}{K_T} = 5 \quad \text{А}$$

Коэффициент чувствительности защиты:

$$K_{ch\_pr} := \frac{I_{k2\_min10}}{K_T \cdot I_{cp}} = 2.351$$

Т.к. коэффициент чувствительности больше 2, то защита удовлетворяет требованиям чувствительности.

Проверка защит на питающей ПС по отношению к автоматическому выключателю в ТП:

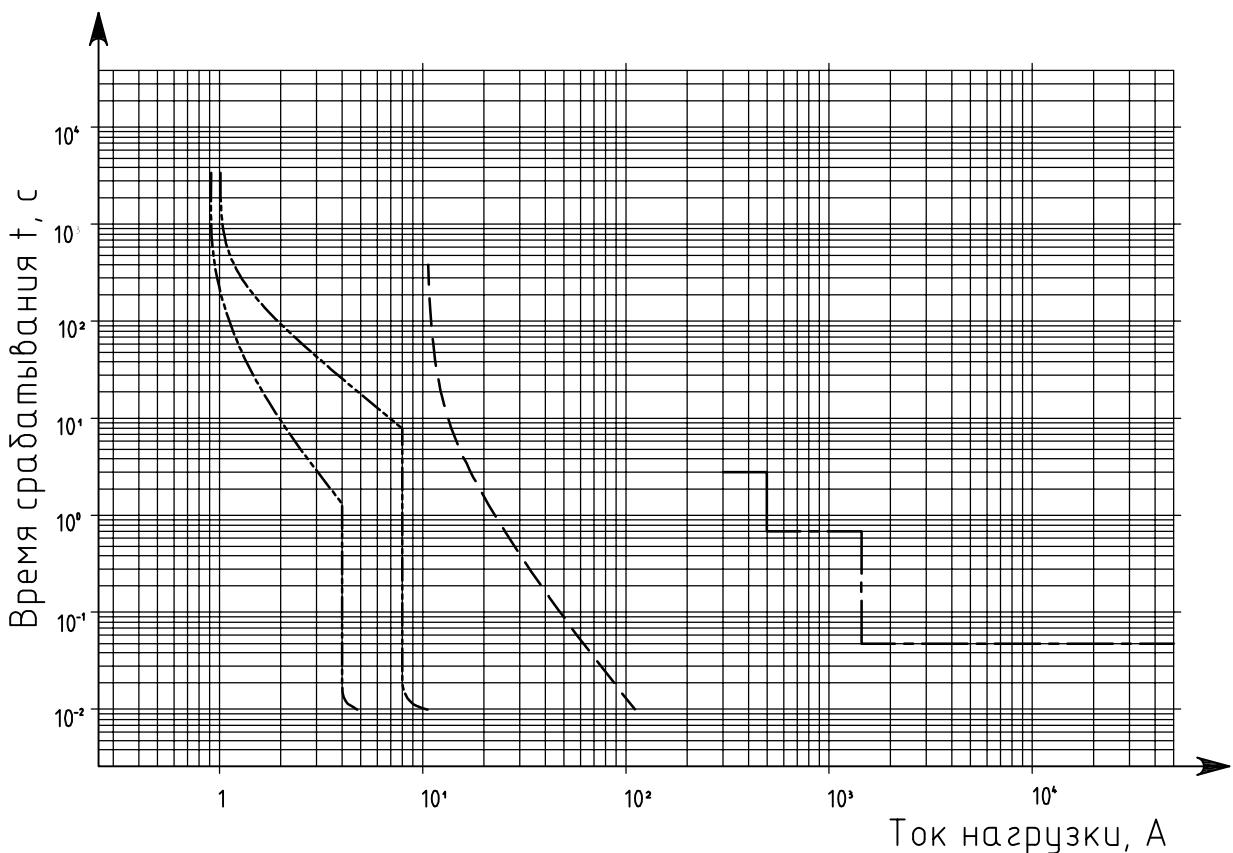
Коэффициент чувствительности защиты:

$$K_{ch\_av} := \frac{I_{k2\_min0.4}}{K_T \cdot I_{cp}} = 1.865$$

Т.к. коэффициент чувствительности больше 1,5, то защита удовлетворяет требованиям чувствительности.

<b>ООО "ГазЭнергоМонтаж"</b> <b>Россия, Ростовская область, г. Батайск,</b> <b>ул. Производственная, 5А, оф. 201.</b>	ГИП	Кочин		<b>Проект</b> Строительство ТП 10/0,4 кВ и ВЛ 10 кВ для БС № 01120 <b>Наименование</b> Расчет релейной защиты.	Заказчик	ОАО "МТС"		
	Н.контр	Кочин			Раздел	ГЭМ-2012-1012-2-П5		
	Инж.	Семиков			Часы/мин	P	Лист	4/5
					Чертеж			5

## Карта селективности.



Настоящий документ является собственностью ООО "ГазЭнергоМонтаж" и не подлежит размещению или передаче другим организациям и лицам без согласия собственника.

ООО "ГазЭнергоМонтаж"  
Россия, Ростовская область, г. Батайск,  
ул. Производственная, 5А, оф. 201.

ГИП Кочин  
Н.контр Кочин  
Инж. Семиков

Проект  
Строительство ТП 10/0,4 кВ и ВЛ 10  
кВ для БС № 01120  
Наименование  
Расчет релейной защиты.

Заказчик  
ОАО "МТС"  
Раздел  
ГЭМ-2012-1012-2-П5  
Часовая  
Стадия  
Лист  
Чертеж  
5/5  
5