

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное

учреждение высшего образования

**«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**

Факультет Электротехнический

Кафедра Автоматики

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ С.С. Голощапов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ГРУППЫ ЦЕХОВ ТРАКТОРНОГО ЗАВОДА

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ – 13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР

**Консультанты:**

Безопасность электроснабжения

\_\_\_\_\_ / Гладких В.М.  
должность / ФИО  
\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
подпись / ФИО  
\_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**Автор проекта**

студент группы МиЭТ-543

\_\_\_\_\_ / Василевский А.И.  
подпись / ФИО  
\_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Релейная защита электроснабжения

\_\_\_\_\_ / Четошникова Л.М.  
д.т.н., профессор / ФИО  
\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
должность / ФИО  
\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
подпись / ФИО  
\_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Руководитель проекта

\_\_\_\_\_ / Четошникова Л.М.  
д.т.н., профессор / ФИО  
\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
должность / ФИО  
\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
подпись / ФИО  
\_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_ / Смоленцев Н.И.  
к.т.н., доцент / ФИО  
\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
должность / ФИО  
\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
подпись / ФИО  
\_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Миасс 2018

## АННОТАЦИЯ

Электроснабжение группы цехов тракторного завода. – Миасс: ЮУрГУ, ЭТФ, 2018, 95с., 17 илл., 43 таблиц. Библиографический список – 12 наименований, 5 листов чертежей ф.А1.

В данной работе мною было осуществлено проектирование Электроснабжение группы цехов тракторного завода.

В результате проведенного технико-экономического сравнения двух вариантов внешнего электроснабжения завода была выбрана наиболее выгодная схема. Таким образом питание завода от энергосистемы осуществляется на напряжении 110 кВ, что выгоднее варианта питания на 35 кВ на 7,65%. Также произведен выбор трансформаторов, кабелей и коммутирующего оборудования в системе внутреннего электроснабжения завода. В разделе релейной защиты провел расчеты и выбрал аппараты защиты для кабельной линии и трансформатора 10/0.4. В специальном вопросе провел выбор кабелей и автоматических выключателей для всего оборудования ремонтно-механического цеха. Провел расчет заземления главной понижительной подстанции.

					13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Электроснабжение группы цехов тракторного завода	Лит.	Лист	Листов
Разр.		Василевский А.И.						
Пров.		Четошников А.М.					3	95
Н.кон.		Смоленцев Н.П.				ЮУрГУ Кафедра автоматика		
Утв.		Голощанов С.С.						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ТЕХНИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ ПРОЕКТА.....	7
ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДСТВА.....	11
1 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПРЕДПРИЯТИЯ .....	12
1.1 Расчет электрических нагрузок по РМЦ .....	12
1.2 Расчет электрических нагрузок по предприятию .....	22
1.3 Расчет картограммы электрических нагрузок предприятия.....	24
2 ВЫБОР ЧИСЛА, МОЩНОСТИ И ТИПА ТРАНСФОРМАТОРОВ ЦЕХОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	26
3 ВЫБОР ТРАНСФОРМАТОРОВ ГЛАВНОЙ ПОНИЗИТЕЛЬНОЙ ПОДСТАНЦИИ.....	30
4 ВНЕШНЕЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	36
4.1 Потери электроэнергии в силовых трансформаторах ГПП .....	36
4.2 Расчет линии электропередачи от районной подстанции энергосистемы до ГПП предприятия .....	37
4.3 Расчет токов короткого замыкания .....	39
4.4 Выбор коммутационной аппаратуры в начале отходящих линий от подстанции энергосистемы и на вводе ГПП .....	41
4.5 Технико-экономическое сравнение вариантов внешнего электроснабжения .....	44
5 ВЫБОР ВЕЛИЧИНЫ НАПРЯЖЕНИЯ И СХЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ, РАСЧЕТ ПИТАЮЩИХ ЛИНИЙ.....	47
5.1 Выбор напряжения .....	47
5.2 Построение схемы внутреннего электроснабжения предприятия .....	47
5.3 Конструктивное выполнение электрической сети.....	48
5.4 Расчет питающих линий .....	48
6 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ.....	52
7 ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ .....	58

					13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4





## ТЕХНИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ ПРОЕКТА

Основные характеристики потребителей и системы Электроснабжение группы цехов тракторного завода

1) Суммарная установленная мощность электроприемников предприятия напряжением ниже 1000 В: 39605,95 кВт.

2) Суммарная установленная мощность электроприемников предприятия напряжением выше 1000 В: 58417,25 кВт (4 ИЧТ по 400 кВт, 6 СД по 250 кВт, 4 УТВЧ по 125 кВт, 1 ДПС по 3200 кВт, 3 ДПС по 600 кВт, 8 ДСП по 400 кВт).

3) По надежности электроснабжения потребители предприятия относятся к первой, второй и третьей категориям.

К потребителям первой категории относятся:

- литейный цех 1
- компрессорная станция
- сталелитейный цех
- литейный цех 2

К потребителям второй категории относятся:

- кузнечный корпус
- сборочный цех
- РМЦ
- механический цех 1
- механический цех 2
- термический цех
- прессовый корпус
- механический цех 3

К потребителям третьей категории относятся:

- центральная заводская лаборатория
- склад
- бытовой корпус

4) Полная расчетная мощность на шинах ЦРП: 39436,5 кВА.

5) Коэффициенты реактивной мощности:

					13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

- заданный энергосистемой  $\text{tg}\varphi_3=0,31$ ;

- расчетный  $\text{tg}\varphi_p=0,31$ .

6) Напряжение внешнего электроснабжения: 110 кВ.

7) Расстояние от предприятия до питающей подстанции энергосистемы 3,5 км; питающая кабельная линия выполнена проводом марки АС-95/16

8) Напряжение внутреннего электроснабжения предприятия: 10 кВ.

9) Для питания потребителей напряжением ниже 1000 В устанавливается 37 цеховых комплектных трансформаторных подстанций с трансформаторами типа ТМЗ мощностью 1250, 1600, 2000, 2500 кВА.

10) Количество, тип и мощность трансформаторов главной понизительной подстанции: 2×ТРДНС-32000/110

Таблица 1 – Данные для электроприемников напряжением до 1000 В

Номер цеха на плане	Наименование цеха, отделения, участка	Установленная мощность $P_{\text{ном}}$ электроприёмников, напряжением 0,4 кВ, кВт	Эффективное (приведенное) число электроприёмников, $n_3$	Коэффициент использования, $K_{\text{и}}$	Коэффициент мощности $\cos \varphi$
1	Бытовой корпус	300	108	0,4	0,65
2	Литейный цех 1	2570	380	0,65	0,75
3	Сборочный цех	3290	241	0,55	0,75
4	Термический цех	12500	261	0,8	0,85
5	Прессовый корпус	13800	274	0,65	0,8
6	Механический цех 1	4870	325	0,55	0,75
7	РМЦ	-	-	-	-
8	Центральная заводская лаборатория	610	42	0,35	0,6
9	Механический цех 2	10600	552	0,5	0,7
10	Механический цех 3	7740	511	0,55	0,75
11	Компрессорная станция	330	15	0,8	0,85
12	Кузнечный корпус	9150	209	0,6	0,75
13	Литейный цех 2	8730	842	0,65	0,8
14	Сталелитейный цех	4190	353	0,65	0,85
15	Склад	105	5	0,25	0,5

Таблицы 2 – Данные для электроприемников выше 1000 В

Номер цеха на плане	Наименование цеха, отделения, участка	Вид высоковольтных электроприёмников	Установленная мощность одного электроприёмника, кВт	Кол-во электроприёмников	Коэффициент использования, $K_{и}$	Коэффициент мощности $\cos \phi$
2	Литейный цех 1	Индукционные печи типа ИЧТ	400	4	0,75	0,85
11	Компрессорная станция	Синхронные двигатели	250	6	0,8	0,85
12	Кузнечный корпус	Установки токов высокой частоты	125	4	0,7	0,8
13	Литейный цех 2	Электродуговые печи ДСП	3200	1	0,8	0,8
14	Сталелитейный цех	Электродуговые печи ДСП	600	3	0,75	0,85
			400	8	0,8	0,8

Номинальные напряжения всех высоковольтных электроприемников – 10 кВ.

Таблица 3 – Дополнительные сведения

Расстояние от предприятия до подстанции энергосистемы, км		3,5
Существующие уровни напряжений $U_1$ и $U_2$ на подстанции энергосистемы, кВ		35 и 110
Мощность короткого замыкания (МВ·А) на шинах подстанции энергосистемы напряжением	$U_1$	900
	$U_2$	4500
Стоимость электроэнергии по двухставочному тарифу	за 1 кВт максимальной нагрузки, $\frac{\text{руб}}{\text{кВт} \cdot \text{мес}}$	согласно действующим тарифам
	за 1 потребленный кВт·ч, $\frac{\text{руб}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$	
Наивысшая температура, °С	окружающего воздуха	21,8
	почвы (на глубине 0,7 м)	14,4
Коррозионная активность грунта предприятия		Низкая
Блуждающие токи в грунте		Нет
Наличие колебаний и растягивающих усилий в грунте		Есть





## ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДСТВА

Проектируется СЭС группы цехов тракторного завода.

В целом, по надежности электроснабжения тракторный завод можно отнести к второй категории т.к. цеха и потребители второй категории преобладают. Потребители второй категории допускают перерывы электроснабжения на время переключений. Так же на территории завода имеются потребители первой и третьей категории.

Электроприемники завода питаются на переменном токе промышленной частоты 50Гц, преимущественно все потребители трехфазные. Помимо низковольтной нагрузки, имеется 4 индукционные печи, 6 синхронных двигателей, 4 установки токов высокой частоты, 12 электродуговых печей с номинальным напряжением 10 кВ и установленной общей мощностью 11800 кВт.

Так как преимущественно применяется прокладка кабелей в траншее необходимо отметить, что грунт характеризуется низким уровнем коррозионной активности, отсутствием блуждающих токов в грунте и наличием колебаний и растягивающих усилий в грунте.

Таким образом завод можно отнести к категории средних предприятий. В целом условия способствуют созданию надежной и гибкой СЭС.

					13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

# 1 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПРЕДПРИЯТИЯ

## 1.1 Расчет электрических нагрузок по ремонтно-механическому цеху

Для расчета электрических нагрузок воспользуемся усовершенствованным методом упорядоченных диаграмм [2].

В начале расчёта приводим мощность электроприемников, работающих в повторно-коротко временном режиме к продолжительности включения 100%, Это сварочные трансформаторы и выпрямители, номинальная мощность, приведенная к длительному режиму которых определяется по формуле:

$$P_{\text{ном}}(\text{пв} = 100\%) = P_{\text{ном}} \sqrt{\text{пв}} / 100. \quad (1.1)$$

Определяем расчётную активную мощность нагрузок:

$$P_p = K_{\text{ра}} \cdot \sum P_{\text{ср}}. \quad (1.2)$$

Определяем расчётную реактивную мощность нагрузок:

$$Q_p = K_{\text{рр}} \cdot \sum Q_{\text{ср}}, \quad (1.3)$$

где  $k_{\text{на}}$  – коэффициент использования по активной мощности, характеризует степень использования установленной мощности за наиболее загруженную смену. Его значение для отдельных электроприемников приводится в электротехнических справочниках.

$K_{\text{ра}}$  – расчетный коэффициент активной мощности,  $K_{\text{ра}} = f(K_{\text{на}}, n_{\text{э}}, T_0)$ .

$K_{\text{рр}}$  – расчетный коэффициент реактивной мощности,  $K_{\text{рр}} = f(n_{\text{э}})$ .

$$K_{\text{рр}} = \frac{1}{1 + 6 \sqrt{n_{\text{э}}}}. \quad (1.4)$$

$n_{\text{э}}$  - эффективное число электроприемников:

$$n_{\text{э}} = \frac{\left( \sum_1^n P_{\text{ном},i} \right)^2}{\sum P_{\text{ном},i}^2}. \quad (1.5)$$

					13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Полная расчетная нагрузка группы трехфазных электроприемников определяется выражением:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (1.6)$$

Расчетный ток:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (1.7)$$

где  $U_n$  – номинальное напряжение цеховой сети,  $U_n = 0,38$  кВ.

Групповой коэффициент использования по активной мощности и  $\text{tg}\varphi$  определяются по соответствующим формулам:

$$K = \frac{\sum_{ua\Sigma} k_{ua} \cdot P_{ном}}{\sum P_{ном}} \quad (1.8)$$

$$\text{tg}\varphi_{\Sigma} = \frac{\sum k_{ua} \cdot P_{ном} \cdot \text{tg}\varphi}{\sum k_{ua} \cdot P_{ном}} \quad (1.9)$$

Остальные значения величин в итоговых строках таблицы 7 по каждому ШР определяются суммированием величин в столбцах.

Рассчитываем мощность осветительной нагрузки. Для начала определяем площадь отделений путём замера длины и ширины каждого отделения.

					13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 2 - План механического цеха

Таблица 4 - Площадь отделений

Наименование отделений	Площадь $F_{ц}$ (м <sup>2</sup> )
Термическое отделение	597,9
Заготовительное отделение	1160,46
Инструментальное отделение	2979,24
Сварочное отделение	580,23
Отделение металлоконструкций	571,53

Активные и реактивные расчётные мощности для освещения определяются по формулам:

$$P_{р.осв} = P_{уд.осв} \cdot F_{ц} \cdot K_{с.осв} \quad (\text{кВт}) \quad , \quad (1.10)$$

где  $P_{уд.осв} = 0,015$  (кВт/м<sup>2</sup>);

$F_{ц}$  - площадь отделения;

$K_{с.осв}$  - коэффициент спроса освещения. Принимаем равным 0,95.

$$Q_{р.осв} = P_{р.осв} \cdot tg\varphi_{осв} \quad (\text{кВар}) \quad . \quad (1.11)$$





Значения коэффициентов расчетных нагрузок активной и реактивной мощности определяются в функции средневзвешенного значения коэффициента использования активной мощности  $K_{\text{иа}}$  и эффективного числа электроприемников  $n_{\text{э}}$ . Если наиболее загруженной фазой является, например, фаза «В», то численное значение  $K_{\text{иа}}$  следует вычислять по формуле

$$K_{\text{иа}} = \frac{P_{\text{св}}}{\frac{P_{\text{ном. AB}} + P_{\text{ном. BC}} + P_{\text{ном. BO}}}{2}}. \quad (1.15)$$

В результате расчетов, полученные данные по однофазной нагрузке сводим в таблицу 8.

					13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Таблица 7 - Расчет нагрузок по механическому цеху

№	Исходные данные					Расчетные величины						Расчетные мощности			Iр,А		
	По заданию технологов				Справочные			Средняя нагрузка			п*P <sup>2</sup> ном,кВт	пэф ЭП	Кра	Pr,кВт		Qr,кВар	Sp,КВА
	Наименie ЭП и узлов СЭС	Кол-во ЭП на уч-ке	Рном прив. к дл.реж. ПВ=100%		Киa	cos(φ)	tg(φ)	Pс=Киa*Pном, кВт	Qс=Киa*Pн*tg(φ),кВар								
одного			общая	11						12	13	14	15	16	17		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
<b>Термическое отделение (Ш Р - 1)</b>																	
1	Печь сопротивления	3	55	165	0,6	0,95	0,33	99,00	32,54	9075,00							
2	Молот пневматический	2	20	40	0,24	0,65	1,17	9,60	11,22	800,00							
3	Молот пневматический	3	10	30	0,24	0,65	1,17	7,20	8,42	300,00							
4	Пресс гидравлический	2	10	20	0,65	0,8	0,75	13,00	9,75	200,00							
5	Вентилятор	3	10	30	0,65	0,8	0,75	19,50	14,63	300,00							
6	Вентилятор поддува	2	4,5	9	0,75	0,8	0,75	6,75	5,06	40,50							
<b>Итого по ШР-1</b>		<b>15</b>	<b>109,5</b>	<b>294</b>	<b>0,53</b>	<b>0,88</b>	<b>0,53</b>	<b>155,05</b>	<b>81,62</b>	<b>10715,50</b>	<b>8,07</b>	<b>1,00</b>	<b>155,05</b>	<b>86,41</b>	<b>177,50</b>	<b>269,69</b>	
		<b>14</b>		<b>274</b>	<b>0,55</b>	<b>0,89</b>	<b>0,51</b>	<b>150,25</b>	<b>76,01</b>	<b>10315,50</b>	<b>7,28</b>	<b>1,07</b>	<b>160,77</b>	<b>80,70</b>	<b>179,89</b>	<b>273,31</b>	
<b>Заготовительное отделение (Ш Р - 2)</b>																	
7	Сварочный аппарат	3	30	90	0,2	0,35	2,68	18,00	48,18	2700,00							
8	Ножницы гильотинные	2	7	14	0,17	0,65	1,17	2,38	2,78	98,00							
9	Вальцы листозгибочные	3	22	66	0,2	0,6	1,33	13,20	17,60	1452,00							
10	Пресс гидравлический	3	10	30	0,65	0,8	0,75	19,50	14,63	300,00							
11	Пресс гидравлический	2	27	54	0,65	0,8	0,75	35,10	26,33	1458,00							
12	Станок радиально-сверлильный	3	12	36	0,12	0,4	2,29	4,32	9,90	432,00							
13	Вентилятор-калорифер	2	14	28	0,5	0,82	0,70	14,00	9,77	392,00							
14	Станок наждачный	4	5	20	0,17	0,65	1,17	3,40	3,98	100,00							
15	Вентилятор наждака	4	2,8	11,2	0,17	0,8	0,75	1,90	1,43	31,36							
16	Вентилятор	3	10	30	0,65	0,8	0,75	19,50	14,63	300,00							
17	Кран-балка	1	12	12	0,2	0,5	1,73	2,40	4,16	144,00							
<b>Итого по ШР-2</b>		<b>30</b>		<b>391,2</b>	<b>0,34</b>	<b>0,66</b>	<b>1,15</b>	<b>133,70</b>	<b>153,36</b>	<b>7407,36</b>	<b>20,66</b>	<b>1,00</b>	<b>133,70</b>	<b>158,99</b>	<b>207,73</b>	<b>315,62</b>	
<b>Всего без ЭП участвующих в пуске</b>		<b>29</b>		<b>364,2</b>	<b>0,32</b>	<b>0,64</b>	<b>1,21</b>	<b>116,15</b>	<b>140,20</b>	<b>6678,36</b>	<b>19,86</b>	<b>1,00</b>	<b>116,15</b>	<b>145,44</b>	<b>186,13</b>	<b>282,80</b>	

Продолжение таблицы 7

№	Исходные данные					Расчетные величины							Расчетные мощности			Iр,А	
	По заданию технологов				Справочные			Средняя нагрузка			п*Р <sup>2</sup> ном,кВт	пэф ЭП	Кра	Pr,кВт	Qr,кВар		Sp,КВА
	Наименее ЭП и узлов СЭС	Кол-во ЭП на уче	Рном прив. к дл.реж. ПВ=100%		Киa	cos(φ)	tg(φ)	Pс=Киa*Рном, кВт	Qс=Киa*Рн*tg(φ),кВар								
одного			общая	6						7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Инструментальное отделение (Ш Р - 3)</b>																	
18	Станок токарно-винторезный	3	16,2	48,6	0,17	0,65	1,17	8,26	9,66	787,32							
19	Станок токарно-винторезный	2	30	60	0,17	0,65	1,17	10,20	11,93	1800,00							
20	Станок токарно-винторезный	3	42,4	127,2	0,17	0,65	1,17	21,62	25,28	5393,28							
21	Станок радиально-сверлильный	3	12	36	0,12	0,4	2,29	4,32	9,90	432,00							
22	Станок кругло-шлифовальный	4	7,2	28,8	0,17	0,65	1,17	4,90	5,72	207,36							
23	Станок вертикально-сверлильный	4	1	4	0,12	0,4	2,29	0,48	1,10	4,00							
24	Станок заточной	6	1	6	0,12	0,4	2,29	0,72	1,65	6,00							
25	Станок наждачный	3	4,5	13,5	0,17	0,65	1,17	2,30	2,68	60,75							
26	Вентилятор наждака	3	10	30	0,17	0,8	0,75	5,10	3,83	300,00							
27	Станок продольно-строгальный	3	48,2	144,6	0,12	0,4	2,29	17,35	39,76	6969,72							
28	Станок плоскошлифовальный	2	15,8	31,6	0,17	0,65	1,17	5,37	6,28	499,28							
29	Станок токарно-револьверный	2	13	26	0,17	0,65	1,17	4,42	5,17	338,00							
30	Станок расточной	3	11,9	35,7	0,17	0,65	1,17	6,07	7,10	424,83							
31	Станок зубофрезерный	2	15,8	31,6	0,17	0,65	1,17	5,37	6,28	499,28							
32	Станок зубодолбежный	3	11,7	35,1	0,12	0,4	2,29	4,21	9,65	410,67							
33	Станок горизонтально фрезерный	2	13,1	26,2	0,12	0,4	2,29	3,14	7,20	343,22							
34	Станок вертикально-фрезерный	3	13	39	0,12	0,4	2,29	4,68	10,72	507,00							
35	Станок долбежный	2	10,9	21,8	0,12	0,4	2,29	2,62	5,99	237,62							
36	Станок строгальный	2	8	16	0,12	0,4	2,29	1,92	4,40	128,00							
37	Установка высокочастотная	1	60	60	0,35	0,7	1,02	21,00	21,42	3600,00							
38	Станок импульсный	2	40	80	0,35	0,7	1,02	28,00	28,57	3200,00							
39	Станок отрезной ножовочный	3	2,7	8,1	0,12	0,4	2,29	0,97	2,23	21,87							
40	Станок отрубной	2	5	10	0,17	0,65	1,17	1,70	1,99	50,00							
41	Кран-балка	1	12	12	0,2	0,5	1,73	2,40	4,16	144,00							
<b>Итого по ШР-3</b>		<b>64</b>		<b>931,8</b>	<b>0,05</b>	<b>0,61</b>	<b>1,29</b>	<b>50,50</b>	<b>65,24</b>	<b>8629,96</b>	<b>100,61</b>	<b>1,10</b>	<b>55,55</b>	<b>66,32</b>	<b>86,51</b>	<b>131,44</b>	
<b>Всего без ЭП участвующих в пуске</b>		<b>63</b>		<b>921,8</b>	<b>0,05</b>	<b>0,59</b>	<b>1,37</b>	<b>44,00</b>	<b>60,36</b>	<b>8529,96</b>	<b>99,62</b>	<b>1,10</b>	<b>48,40</b>	<b>61,37</b>	<b>78,16</b>	<b>118,75</b>	

13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР

Изм.

Дата

№ докум.

Подпись

Дата

### Окончание таблицы 7

№	Исходные данные					Расчетные величины							Расчетные мощности			Iр,А
	По заданию технологов			Справочные		Средняя нагрузка			п*P <sup>2</sup> ном,кВт	п <sub>эф</sub> ЭП	Кра	Pр,кВт	Qр,кВар	Sp,КВА		
	Наименie ЭП и узлов СЭС	Кол-во ЭП на уч.ке	Рном прив. к дл.реж. ПВ=100%		Kиа	cos(φ)	tg(φ)	Pс=Kиа*Pном, кВт							Qс=Kиа*Pн*tg(φ),кВар	
одного			общая	6					7	8	9	10	11	12		13
<b>Сварочное отделение (Ш Р - 4)</b>																
42	Однофазная нагрузка	3		165				17,84	101,62	8976,00						
43	Манипулятор сварочный	2	41,7	83,4	0,12	0,50	1,73	10,01	17,33	3477,78						
44	Преобразователь сварочный	2	30,0	60	0,5	0,75	0,88	30,00	26,46	1800,00						
45	Ножницы гильотинные	2	7,0	14	0,17	0,65	1,17	2,38	2,78	98,00						
46	Вентилятор	3	20,0	60	0,65	0,8	0,75	39,00	29,25	1200,00						
47	Кран-балка	1	12,0	12	0,2	0,5	1,73	2,40	4,16	144,00						
<b>Итого по ШР-4</b>		<b>13</b>		<b>394,4</b>	<b>0,26</b>	<b>0,49</b>	<b>1,79</b>	<b>101,63</b>	<b>181,60</b>	<b>15695,78</b>	<b>9,91</b>	<b>1,13</b>	<b>114,84</b>	<b>191,21</b>	<b>223,05</b>	<b>338,89</b>
<b>Всего без ЭП участвующих в пуске</b>		<b>12</b>		<b>352,7</b>	<b>0,27</b>	<b>0,49</b>	<b>1,79</b>	<b>96,63</b>	<b>172,93</b>	<b>13956,89</b>	<b>8,91</b>	<b>1,25</b>	<b>120,79</b>	<b>182,58</b>	<b>218,92</b>	<b>332,61</b>
<b>Отделение металлоконструкций (Ш Р - 5)</b>																
48	Аппарат сварочный	3	30	90	0,2	0,35	2,68	18,00	48,18	2700,00						
49	Вентилятор	3	7,5	22,5	0,65	0,80	0,75	14,63	10,97	168,75						
50	Вентилятор-калорифер	4	14	56	0,5	0,82	0,70	28,00	19,54	784,00						
51	Кран-балка	1	12	12	0,2	0,50	1,73	2,40	4,16	144,00						
<b>Итого по ШР-5</b>		<b>11</b>		<b>180,5</b>	<b>0,35</b>	<b>0,61</b>	<b>1,31</b>	<b>63,03</b>	<b>82,85</b>	<b>3796,75</b>	<b>8,58</b>	<b>1,02</b>	<b>63,97</b>	<b>87,56</b>	<b>108,44</b>	<b>164,75</b>
<b>Всего без ЭП участвующих в пуске</b>		<b>10</b>		<b>150,5</b>	<b>0,38</b>	<b>0,65</b>	<b>1,17</b>	<b>57,03</b>	<b>66,79</b>	<b>2896,75</b>	<b>7,82</b>	<b>1,02</b>	<b>58,17</b>	<b>70,77</b>	<b>91,60</b>	<b>139,18</b>
<b>Итого по цеху</b>		<b>133</b>		<b>2191,90</b>	<b>0,23</b>	<b>0,67</b>	<b>1,12</b>	<b>503,91</b>	<b>564,66</b>	<b>46245,35</b>	<b>103,89</b>	<b>1,00</b>	<b>503,91</b>	<b>564,66</b>	<b>756,82</b>	<b>1149,86</b>

13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР

Лист

№

Лист

№

Лист

Таблица 8 - Расчет однофазных нагрузок

Однофазное оборудование	$\Sigma P_{ном}, кВт$	n	n*P <sub>2ном</sub>	Установленная мощность ЭП,подключенных на Ул,кВт			Коэффициент приведения			Установленная мощность однофазного ЭП			Kia	cosφ	tgφ	Средняя мощность							
				ab	bc	ca	к фазе	k	q	a	b	c				P <sub>c,кВт</sub>			Q <sub>c,кВар</sub>				
																a	b	c	a	b	c		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
Электроприёмники, подключенные на Ул																							
Отделение токов высокой частоты(ШР-1)																							
Аппарат сварочный, однофазная, U <sub>ном</sub> = 380 В	80	2	3200	40			a	1,285	1,08	51,4			0,2	0,35	2,68	10,3			8,64				
					40		b	-0,285	1,66		-11,4							-2,3			13,3		
							b	1,285	1,08		51,4							10,3			8,64		
Установка сварочная многопостовая, однофазная, U <sub>ном</sub> = 380 В	76	1	5776			76	c	1,285	1,08			97,66	0,2	0,35	2,68			19,5			16,416		
							a	-0,285	1,66	-21,66							-4,33			25,23			
Итого по ШР-1	156	3	8976													5,95	8,00	17,25	33,87	21,92	29,70		
		A	34,39	Наиболее загруженная фаза А																			
		B	23,33																				
		C	34,34																				

13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР

Изм.

Дата

№ докум.

Подпись

Дата



Таблица 9 - Расчет нагрузок по предприятию

Наименование цеха	Pн, кВт	nэф	Kна	cos(φ)	tg(φ)	Pс, кВт	Qс, кВт	Kра	Pр, кВт	Qр, кВт	Fц, м <sup>2</sup>	Pуд.осв., кВт/м <sup>2</sup>	cos(φ)осв	tg(φ)осв	Kосв.	Pр.осв., кВт	Qр.осв., кВт	Pр+Pр.осв., кВт	Qр+Qр.осв., кВт	Sp, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<b>Низковольтная нагрузка (0,4 кВ)</b>																				
1.Бытовой корпус	300	108	0,4	0,65	1,17	120,00	140,30	0,70	84,00	98,21	2378,00	0,015	0,7	1	0,85	30,32	30,93	114,32	129,14	172,47
2.Литейный цех 1	2570	380	0,65	0,75	0,88	1670,50	1473,24	0,80	1336,40	1178,59	3774,00	0,015	0,7	1	0,90	50,95	51,98	1387,35	1230,57	1854,47
3.Сборочный цех	3290	241	0,55	0,75	0,88	1809,50	1595,83	0,80	1447,60	1276,66	5576,00	0,015	0,7	1	0,90	75,28	76,80	1522,88	1353,46	2037,40
4.Термический цех	12500	261	0,8	0,85	0,62	10000,00	6197,44	0,80	8000,00	4957,95	5858,00	0,015	0,7	1	0,95	83,48	85,16	8083,48	5043,12	9527,62
5.Прессовый корпус	13800	274	0,65	0,8	0,75	8970,00	6727,50	0,80	7176,00	5382,00	28182,00	0,015	0,7	1	0,95	401,59	409,71	7577,59	5791,71	9537,49
6.Механический цех 1	4870	325	0,55	0,75	0,88	2678,50	2362,21	0,80	2142,80	1889,77	24030,00	0,015	0,7	1	0,95	342,43	349,35	2485,23	2239,12	3345,15
7.РМЦ	2191,9	103,89	0,23	0,67	1,12	503,91	564,66	1,00	503,91	564,66	11660,20	0,015	0,7	1	0,85	148,67	151,67	652,58	716,33	969,01
8.Центральная заводская лаборатория	610	42	0,35	0,6	1,33	213,50	284,67	0,75	160,13	213,50	4542,76	0,015	0,7	1	0,75	51,11	52,14	211,23	265,64	339,39
9.Механический цех 2	10600	552	0,5	0,7	1,02	5300,00	5407,08	0,75	3975,00	4055,31	21423,00	0,015	0,7	1	0,95	305,28	311,45	4280,28	4366,76	6114,68
10.Механический цех 3	7740	511	0,55	0,75	0,88	4257,00	3754,32	0,80	3405,60	3003,46	27560,00	0,015	0,7	1	0,95	392,73	400,66	3798,33	3404,12	5100,52
11.Компрессорная станция	330	15	0,8	0,85	0,62	264,00	163,61	0,90	237,60	147,25	5544,00	0,015	0,7	1	0,85	70,69	72,11	308,29	219,37	378,37
12.Кузнечный корпус	9150	209	0,6	0,75	0,88	5490,00	4841,72	0,80	4392,00	3873,38	31652,00	0,015	0,7	1	0,95	451,04	460,15	4843,04	4333,53	6498,81
13.Литейный цех 2	8730	842	0,65	0,8	0,75	5674,50	4255,88	0,80	4539,60	3404,70	17055,50	0,015	0,7	1	0,95	243,04	247,95	4782,64	3652,65	6017,93
14.Сталелитейный цех	4190	353	0,65	0,85	0,62	2723,50	1687,87	0,80	2178,80	1350,30	11808,00	0,015	0,7	1	0,95	168,26	171,66	2347,06	1521,96	2797,33
15Склад	105,00	5,00	0,25	0,5	1,73	26,25	45,47	1,01	26,51	45,92	4250,00	0,015	0,7	1	0,60	38,25	39,02	64,76	84,94	106,82
<b>Итого (0,4 кВ):</b>	<b>80976,9</b>					<b>49197,25</b>	<b>38937,15</b>		<b>39605,95</b>	<b>31441,67</b>	<b>410586,92</b>	<b>0,01419</b>			<b>0,89</b>	<b>3263,69</b>	<b>3321,34</b>	<b>42869,64</b>	<b>34763,01</b>	<b>55193,0486</b>
<b>Высоковольтная нагрузка (10 кВ)</b>																				
2.Литейный цех 1 (Индукционные печи ИЧТ)	1600	4	0,75	0,85	0,62	1200	743,69	1	1200	743,69321										
11.Компрессорная станция (СД)	1500	6	0,8	0,85	-0,62	1200	-743,69	1	1200	-743,69321										
12.Кузнечный корпус (Устан. токов выс. частоты)	500	4	0,7	0,8	0,75	350	262,5	1,06	371	278,25										
13Литейный цех 2 (Электродуговые пе-чи ДСП)	3200	1	0,8	0,8	0,75	2560	1920	1	2560	1920										
13Литейный цех 2 (Электродуговые пе-чи ДСП)	1800	3	0,75	0,85	0,62	1350	836,65	1	1350	836,65486										
14.Сталелитейный цех(Электродуг.пе-чи ДСП)	3200	8	0,8	0,8	0,75	2560	1920	1	2560	1920										
<b>Итого (10 кВ):</b>	<b>11800</b>	<b>26</b>				<b>9220</b>	<b>4939,15</b>		<b>2560</b>	<b>4954,90</b>										
<b>Суммарная мощность</b>						<b>58417,25</b>	<b>43876,30</b>											<b>45840,23</b>	<b>39717,91</b>	<b>60653,4322</b>
<b>Предприятие:</b>																		<b>88709,87</b>	<b>74480,91766</b>	<b>115831,116</b>

13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР

### 1.3 Расчет картограммы электрических нагрузок предприятия

Картограмма нагрузок представляет собой размещенные на генеральном плане окружности, центры которых совпадают с центрами нагрузок цехов, а площади окружностей пропорциональны расчетным активным нагрузкам. Каждая окружность делится на секторы, площади которых пропорциональны активным нагрузкам электроприемников с напряжением до 1 кВ, электроприемников с напряжением свыше 1 кВ и электрического освещения. При этом радиус окружности и углы секторов для каждого цеха соответственно определяются:

$$R_i = \sqrt{\frac{1}{\pi \cdot m}} \cdot \sqrt{P_{pi}} \quad , \quad (1.20)$$

где  $P_{pi}$ ,  $P_{PH/Ви}$ ,  $P_{PB/Ви}$ ,  $P_{POСBи}$  – расчетные активные нагрузки соответственно всего цеха, электроприемников напряжением до 1 кВ, электроприемников напряжением выше 1 кВ и электрического освещения, кВт;

$m$  – масштаб площадей картограммы нагрузок, кВт/мм<sup>2</sup>.

Масштаб определим из условия, что радиус окружности, соответствующей максимальной расчетной нагрузке, был 5 мм.

$$m = \frac{P_{PMAХ}}{\pi \cdot 50^2} = \frac{10196}{\pi \cdot 2500} = 1,3 \text{ кВт/мм}^2. \quad (1.21)$$

Углы секторов для каждого цеха определяются по формулам:

$$\alpha_{\text{нв}i} = \frac{360}{P_{\text{pi}\Sigma}} \cdot P_{\text{р.нв}i}; \quad \alpha_{\text{вв}i} = \frac{360}{P_{\text{pi}\Sigma}} \cdot P_{\text{р.вв}i}; \quad \alpha_{\text{осв}i} = \frac{360}{P_{\text{pi}\Sigma}} \cdot P_{\text{р.осв}i}. \quad (1.22)$$

Центр электрических нагрузок предприятия является символическим центром потребления электрической энергии (активной мощности) предприятия, координаты которого находятся по выражениям:

$$x_{\text{ц.н.}} = \frac{\sum_1^n P_{\text{pi}} \cdot x_i}{\sum_1^n P_{\text{pi}}}, \quad (1.23)$$

$$y_{\text{ц.н.}} = \frac{\sum_1^n P_{\text{pi}} \cdot y_i}{\sum_1^n P_{\text{pi}}}, \quad (1.24)$$

где  $x_i$ ,  $y_i$  – координаты центра  $i$ -го цеха на плане предприятия, м.

										Лист
										24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР





## 2. ВЫБОР ЧИСЛА, МОЩНОСТИ И ТИПА ТРАНСФОРМАТОРОВ ЦЕХОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ.

Выбор трансформаторов является важным этапом проектирования. Мощность трансформаторов цеховых ТП зависит от величины нагрузки электроприемников, их категории надежности электроснабжения. При одной и той же равномерно распределенной нагрузке с увеличением площади цеха должна уменьшаться единичная мощность трансформаторов. Так, в цехе, занимающем значительную площадь, установка трансформаторов заведомо большей единичной мощности увеличивает длину питающих линий цеховой сети и потери электроэнергии в них.

Выберем трансформаторы для ремонтно-механического цеха.

Количество трансформаторов всех подстанций цеха в общем случае определяется по формуле:

$$N_{\text{Топт}} = N_{\text{Тmin}} + m, \quad (2.1)$$

где  $N_{\text{Тmin}}$  – минимальное количество трансформаторов, соответствующее категории надежности электроснабжения цеха, для III-категории надежности электроснабжения  $N_{\text{Тmin}} = 1, \text{ед.}$

$m$  – дополнительно установленные трансформаторы,

$$N_{\text{Топт}} = 1 + 0 = 1.$$

Из приведенного примера видно, что в каждом отдельном случае выбор трансформаторов цеховых ТП следует проводить, учитывая конкретные условия. Выбор остальных ТП сведен в таблицу 11.

При выборе трансформаторов цеховых ТП должна определяться наибольшая реактивная мощность  $Q_{\text{IP}}$ , которую трансформаторы могут пропустить из сети 10 кВ в сеть напряжением 0,4 кВ. Для цеха (группы цехов), в котором установлено  $M$  подстанций с числом трансформаторов  $n$ , причем мощности всех трансформаторов одинаковы.

$$Q_{\text{IP}} = \sqrt{(N_{\text{ТНОМ}} \cdot K_{\text{ЗД}} \cdot S_{\text{НОМТ}})^2 - P^2}, \quad (2.2)$$

где  $N_{\text{ТНОМ}}$  – номинальное число трансформаторов

									13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						26

$K_{зд}$  – допустимый коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме;

$S_{нт}$  – номинальная мощность трансформаторов цеховой ТП, кВА;

$P_p$  – расчетная активная нагрузка цеха (группы цехов), кВт.

Величина  $Q_{1p}$  является расчетной, поэтому в общем случае реактивная нагрузка трансформаторов  $Q_1$  не равна ей:

$$Q^1 = \begin{cases} Q_{1p} & \text{если } Q_{1p} < Q_p \\ Q_p & \text{если } Q_{1p} \geq Q_p \end{cases}, \quad (2.3)$$

где  $Q_p$  – расчетная реактивная нагрузка цеха (группы цехов), квар.

При  $Q_{1p} < Q_p$  трансформаторы ТП не могут пропустить всю реактивную нагрузку, и поэтому часть ее должна быть скомпенсирована с помощью батарей конденсаторов, которые устанавливаются на стороне низшего напряжения данной трансформаторной подстанции. Мощность этих конденсаторов будет равна

$$Q_{кв} = Q_p - Q_1. \quad (2.4)$$

Коэффициенты загрузки трансформаторов в нормальном и послеаварийном режимах определяются следующим образом:

$$K_{зтн} = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{n \cdot S_{нт}} = \frac{P}{n \cdot S_{нт}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{Q}{P}\right)^2}}. \quad (2.5, 2.6)$$

Для определения расчетной нагрузки предприятия необходимо знать потери активной и реактивной мощности в трансформаторах цеховых ТП. Указанные потери найдем следующим образом:

$$\Delta P_T = N \cdot (\Delta P_{xx} + K_{зн}^2 \cdot \Delta P_{кз}), \quad (2.7)$$

$$\Delta Q_T = N \cdot \left( \frac{I_{xx} \%}{100} \cdot S_{нт} + K_{зн}^2 \cdot \frac{U_{кз} \%}{100} \cdot S_{нт} \right), \quad (2.8)$$

где  $N$  – число трансформаторов, установленных в цехе (группе цехов);

$\Delta P_{xx}$ ,  $\Delta P_{кз}$ ,  $I_{xx}$ ,  $U_{кз}$  – паспортные данные трансформаторов из /3/.

Поскольку трансформаторы цеховых ТП расположены в цехах, и никаких ограничений к установке масляных трансформаторов не имеется, то принимаем к установке трансформаторы типа ТМЗ.

Все расчеты приведены в таблицу 11 и таблицу 12.

										13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							27

Таблица 11 - Расчет трансформаторов цеховых ТП

Наименование цехов и подразделений	Кат-я	N <sub>тmin</sub> над	P <sub>p</sub> , кВт	Q <sub>p</sub> , квар	S <sub>p</sub> , кВА	F <sub>ц</sub> , м2	σ, кВА/м <sup>2</sup>	S <sub>тп</sub>	Тип т-ра	к <sub>з.доп</sub>	N <sub>тmin</sub>	ΔN <sub>т</sub>	N <sub>тmin</sub>	m	N <sub>тонт</sub>	S <sub>ном т-ра</sub>	N <sub>бп/ст</sub>	Q <sub>р, квар</sub>	Q <sub>т, квар</sub>	Q <sub>су, квар</sub>	к <sub>тп</sub> порр.	к <sub>тп</sub> лавар.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
12.Кузнечный корпус	2		4843,04	4333,53	6498,81	31652,00	0,21															
15Склад	3		64,76	84,94	106,82	4250,00	0,03															
<b>итого</b>	<b>2</b>		<b>4907,80</b>	<b>4418,48</b>	<b>6603,75</b>		<b>0,21</b>	<b>1250</b>	<b>ТМЗ</b>	<b>0,7</b>	<b>6,00</b>	<b>0,39</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>1600</b>	<b>1</b>	<b>2696,94</b>	<b>2696,94</b>	<b>1721,54</b>	<b>0,70</b>	<b>0,88</b>
1.Бытовой корпус	3		114,32	129,14	172,47	2378,00	0,07															
2.Литейный цех 1	1		1387,35	1230,57	1854,47	3774,00	0,49															
<b>итого</b>	<b>1</b>		<b>1501,67</b>	<b>1359,71</b>	<b>2025,79</b>		<b>0,49</b>	<b>2000</b>	<b>ТМЗ</b>	<b>0,60</b>	<b>1,00</b>	<b>-0,25</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1600</b>	<b>2</b>	<b>1196,41</b>	<b>1196,41</b>	<b>163,30</b>	<b>0,60</b>	<b>1,20</b>
3.Сборочный цех	2		1522,88	1353,46	2037,40	5576,00	0,37															
7.РМЦ	2		652,58	716,33	969,01	11660,20	0,08															
<b>итого</b>	<b>2</b>		<b>2175,45</b>	<b>2069,79</b>	<b>3002,77</b>		<b>0,37</b>	<b>2000</b>	<b>ТМЗ</b>	<b>0,70</b>	<b>2,00</b>	<b>0,45</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2000</b>	<b>3</b>	<b>1762,78</b>	<b>1762,78</b>	<b>307,01</b>	<b>0,80</b>	<b>1,40</b>
11.Компрессорная станция	1		308,29	219,37	378,37	5544,00	0,07															
14.Сталелитейный цех	1		2347,06	1521,96	2797,33	11808,00	0,24															
<b>итого</b>	<b>2</b>		<b>2347,06</b>	<b>1741,33</b>	<b>2922,49</b>		<b>0,24</b>	<b>1250</b>	<b>ТМЗ</b>	<b>0,60</b>	<b>3,00</b>	<b>-0,13</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1250</b>	<b>4</b>	<b>1868,50</b>	<b>1741,33</b>	<b>0,00</b>	<b>0,70</b>	<b>0,78</b>
6.Механический цех 1	2		2485,23	2239,12	3345,15	24030,00	0,14															
9.Механический цех 2	2		4280,28	4366,76	6114,68	21423,00	0,29															
<b>итого</b>	<b>2</b>		<b>6765,51</b>	<b>6605,87</b>	<b>9455,67</b>		<b>0,29</b>	<b>1600</b>	<b>ТМЗ</b>	<b>0,70</b>	<b>6,00</b>	<b>-0,04</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2500</b>	<b>5</b>	<b>1796,65</b>	<b>1796,65</b>	<b>4809,23</b>	<b>0,70</b>	<b>0,93</b>
4.Термический цех	2		8083,48	5043,12	9527,62	5858,00	1,63															
8.Центральная заводская лаборатория	3		211,23	265,64	339,39	4542,76	0,07															
<b>итого</b>	<b>2</b>		<b>8294,71</b>	<b>5308,76</b>	<b>9848,10</b>		<b>1,63</b>	<b>2500</b>	<b>ТМЗ</b>	<b>0,70</b>	<b>5,00</b>	<b>0,26</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>2500</b>	<b>6</b>	<b>2785,73</b>	<b>2785,73</b>	<b>2523,03</b>	<b>0,70</b>	<b>0,88</b>
5.Прессовый корпус	2		7577,59	5791,71	9537,49	28182,00	0,34	<b>2000</b>	<b>ТМЗ</b>	<b>0,70</b>	<b>5,00</b>	<b>-0,41</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>2500</b>	<b>7</b>	<b>4375,22</b>	<b>4375,22</b>	<b>1416,48</b>	<b>0,70</b>	<b>0,88</b>
10.Механический цех 3	2		3798,33	3404,12	5100,52	27560,00	0,19	<b>1250</b>	<b>ТМЗ</b>	<b>0,70</b>	<b>4,00</b>	<b>-0,34</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>1250</b>	<b>8</b>	<b>2171,02</b>	<b>2171,02</b>	<b>0,00</b>	<b>0,70</b>	<b>0,88</b>
13.Литейный цех 2	1		4782,64	3652,65	6017,93	17055,50	0,35	<b>2000</b>	<b>ТМЗ</b>	<b>0,60</b>	<b>4,00</b>	<b>0,01</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2000</b>	<b>9</b>	<b>407,86</b>	<b>407,86</b>	<b>3244,80</b>	<b>0,60</b>	<b>0,80</b>

13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР

Лист

Лист

№ докум.

Подпись

Дата













# Энергосистема

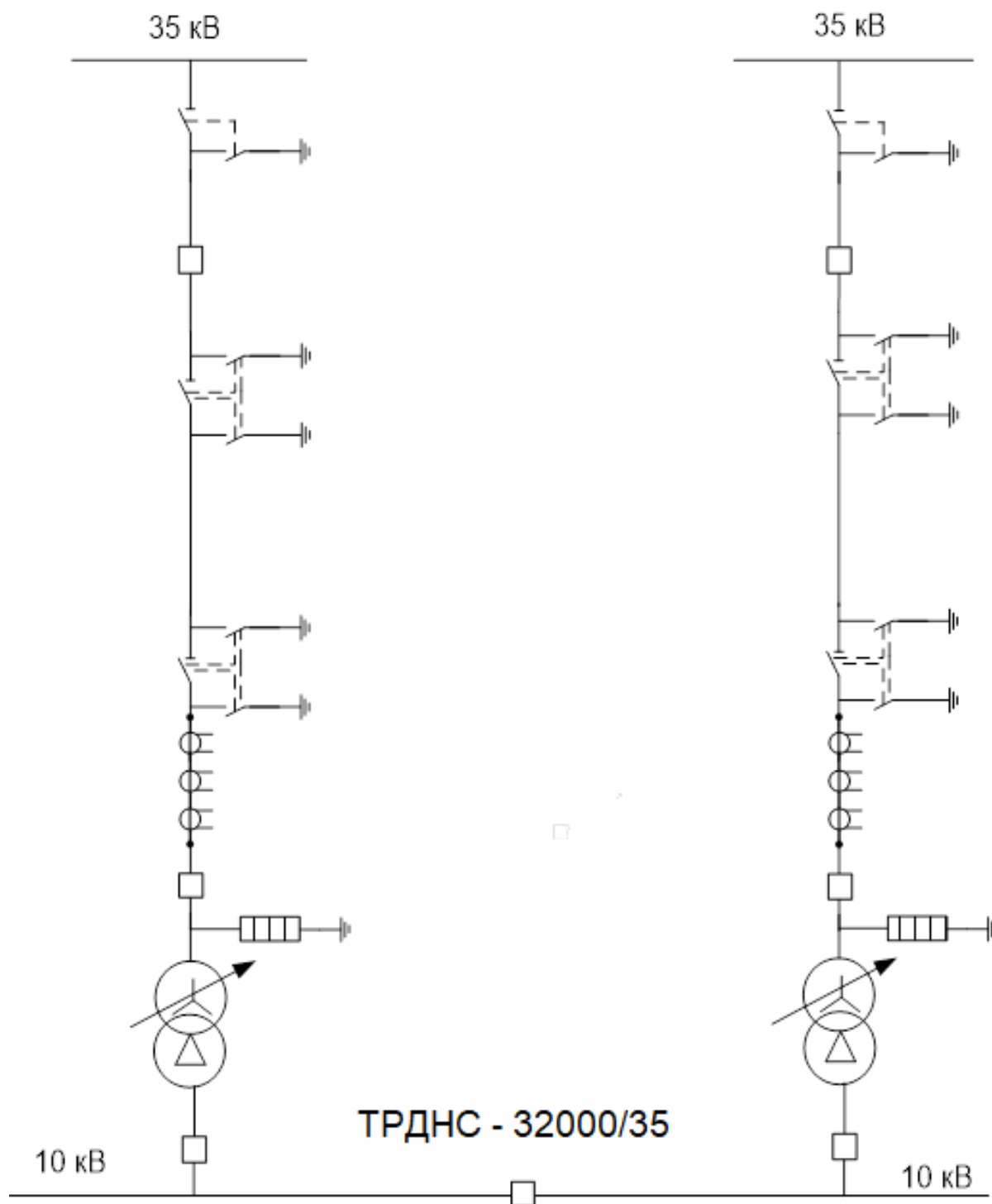


Рисунок 3 - Вариант схемы внешнего электроснабжения предприятия на напряжение 35 Кв.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР

Энергосистема

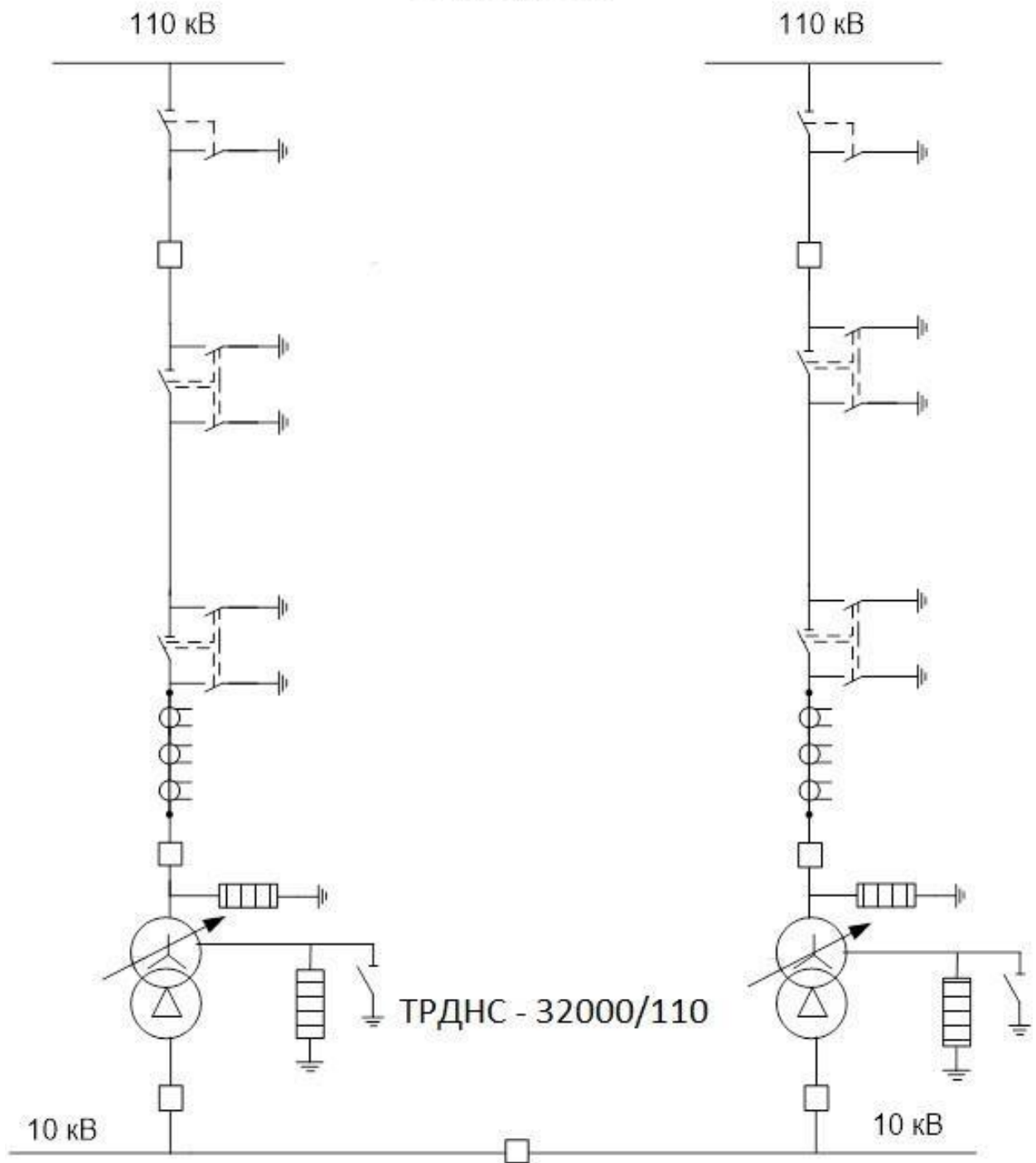


Рисунок 4 - Вариант схемы внешнего электроснабжения предприятия на напряжении 110 кВ.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР

Лист

35







4.3 Расчет токов короткого замыкания в начале отходящих линий от питающей подстанции энергосистемы и на вводах ГПП:

Исходная схема питания промышленного предприятия и схема замещения для расчета токов короткого замыкания приведены на рисунке 1.

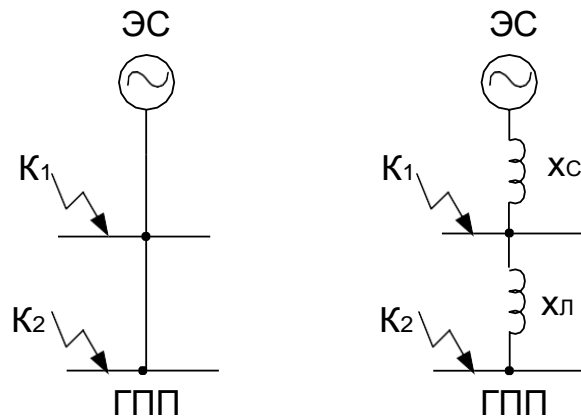


Рисунок 5 – Схема расчета токов короткого замыкания

Определим параметры схемы замещения.

Определим параметры схемы замещения. При мощности короткого замыкания  $S_C = 900 \text{ MVA}$ , примем базисную мощность  $S_B = 1000 \text{ MVA}$ , базисное напряжение  $U_B = 36,75 \text{ кВ}$  для линии напряжением 35 кВ и  $U_B = 115 \text{ кВ}$  для линии напряжением 110 кВ.

Сопротивление системы в относительных единицах:

$$\text{Для } 35 \text{ кВ } X_C^* = \frac{S_B}{S_C} = \frac{1000}{900} = 1,11 \text{ о. е.} \quad (4.10)$$

$$\text{Для } 110 \text{ кВ } X_C^* = \frac{S_B}{S_C} = \frac{1000}{4500} = 0,22 \text{ о. е.}$$

Сопротивление воздушной линии 35 кВ:

$$\text{Для } 35 \text{ кВ } X_L = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_B}{U_B^2} = \frac{0,429 \cdot 3,5 \cdot 1000}{36,75^2} = 1,12 \text{ о. е.} \quad (4.11)$$

$$\text{Для } 110 \text{ кВ } X_L = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_B}{U_B^2} = \frac{0,234 \cdot 3,5 \cdot 1000}{115^2} = 0,06 \text{ о. е.}$$

Определяем ток короткого замыкания в точке К1.

Ток короткого замыкания в точке К1 (периодическая слагающая  $I_{It}$  принимается неизменной в течение всего процесса замыкания):

$$I_{K1} = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_B \cdot X_C^*} \text{ кА}, \quad (4.12)$$

$$\text{Для 35 кВ } I_{K1} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 36,75 \cdot 1,11} = 14,17 \text{ кА.}$$

$$\text{Для 110 кВ } I_{K1} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115 \cdot 0,22} = 22,85 \text{ кА.}$$

Ударный ток короткого замыкания в точке К1:

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot I_{K1} \text{ кА}, \quad (4.13)$$

где  $K_{уд} = 1,8$  – ударный коэффициент [4].

$$\text{Для 35 кВ } i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 14,17 = 36,07 \text{ кА.}$$

$$\text{Для 110 кВ } i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 22,85 = 48,2 \text{ кА.}$$

Рассчитаем ток КЗ в точке К2:

$$I_{K2} = I_{It} = I_{П.0} = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_B \cdot (x_{C^*} + x_{Л^*})}, \quad (4.14)$$

$$\text{Для 35 кВ } I_{K2} = I_{It} = I_{П.0} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 36,75 \cdot (1,11 + 1,12)} = 7,05 \text{ кА.}$$

$$\text{Для 110 кВ } I_{K2} = I_{It} = I_{П.0} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115 \cdot (0,22 + 0,06)} = 17,95 \text{ кА.}$$

Ударный ток короткого замыкания в точке К2:

$$i_{уд2} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot I_{K2}, \text{ кА,}$$

$$\text{Для 35 кВ } i_{уд2} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 7,05 = 17,95 \text{ кА.}$$

$$\text{Для 110 кВ } i_{уд2} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 17,95 = 45,7 \text{ кА.}$$





$t_{тер}$  - время протекания термической стойкости.

Разъединители выбираются по номинальному напряжению ( $U_C \leq U_{НОМ}$ ), номинальному длительному току ( $I_{РАБ.УТЯЖ} \leq I_{НОМ}$ ), а в режиме короткого замыкания проверяются по электродинамической и термической стойкости. Для защиты оборудования ГПП от перенапряжений выбираются ограничители перенапряжений. Результаты выбора сводим в таблицу 18:

Таблица 18 - Выбор и проверка аппаратов

Данные установки	Каталожные данные
Выключатель ВГБЭ-35-1000/12.5 УХЛ1	
$U_C = 35кВ$ $I_{раб.мах} = 739,9А$ $I_{по} = 14,17 кА$ $I_{уд} = 36,1 кА$ $I_{по} = 14,17 кА$ $Вк = 401.6 кА^2 \cdot с$	$U_{НОМ} = 35кВ$ $I_{НОМ} = 1000А$ $I_{ДИН} = 31,5кА$ $I_{ДИН.мах} = 40кА$ $I_{ОТК} = 31,5кА$ <p style="text-align: right;">2</p>
Разъединитель РДЗ.1-35Б/1000 УХЛ1	
$U_C = 35кВ$ $I_{раб.мах} = 739,9А$ $I_{по} = 14,17 кА$ $Вк = 401.6 кА^2 \cdot с$	$U_{НОМ} = 35кВ$ $I_{НОМ} = 1000А$ $I_{ДИН.мах} = 16кА$ $Вк = 4800 кА^2 \cdot с$
Ограничитель перенапряжений ОПН-У УХЛ 1	
$U_C = 35кВ$	$U_{НОМ} = 35кВ$

Таблица 19 - Выбор и проверка аппаратов

Данные установки	Каталожные данные
<b>Выключатель ВГБ-110А</b>	
$U_C = 110 \text{кВ}$ $I_{\text{раб.мах}} = 235,42 \text{А}$ $I_{\text{ПО}} = 22,85 \text{кА}$ $I_{\text{уд.}} = 48,2 \text{ А}$ $I_{\text{ПО}} = 20,08 \text{ кА}$ $B_K = 95,16 \text{кА}_2 \cdot \text{с}$	$U_{\text{НОМ}} = 110 \text{кВ}$ $I_{\text{НОМ}} = 400 \text{А}$ $I_{\text{ДИН}} = 40 \text{кА}$ $I_{\text{ДИН.мах}} = 101,8 \text{кА}$ $I_{\text{ОТК}} = 40 \text{кА}$ <p style="text-align: right;">2</p>
<b>Разъединитель РДЗ-110/1000Н.УХЛ1</b>	
$U_C = 110 \text{кВ}$ $I_{\text{раб.мах}} = 235,42 \text{А}$ $I_{\text{уд.}} = 48,2 \text{ А}$ $B_K = 95,16 \text{кА}_2 \cdot \text{с}$	$U_{\text{НОМ}} = 110 \text{кВ}$ $I_{\text{НОМ}} = 1000 \text{А}$ $I_{\text{ДИН.мах}} = 160,4 \text{кА}$ <p style="text-align: right;">2</p>
<b>Ограничитель перенапряжений ОПН-110 В УХЛ1</b>	
$U_C = 110 \text{кВ}$	$U_{\text{НОМ}} = 110 \text{кВ}$









## Конструктивное выполнение электрической сети

Выбор способа распределения электроэнергии зависит от величины электрических нагрузок и их размещения, плотности застройки предприятия, конфигурации технологических, транспортных и других коммуникаций, типа грунта на территории предприятия.

Распределительные сети предприятия напряжением 10 кВ выполним кабельными линиями.

В качестве основного способа прокладки выбираем прокладку кабелей в траншее (в одной траншее допускается прокладка шести кабелей). Поскольку грунт предприятия имеет среднюю коррозионную активность, в грунте имеются блуждающие токи, то, для прокладки в траншее, выбираем кабели типа ААШв. Под автомобильной дорогой кабель прокладывается в трубах.

### Расчет питающих линий

Сечение кабелей напряжением 10 кВ определяется по экономической плотности тока и проверяется по допустимому току кабеля в нормальном режиме работы с учетом условий его прокладки, по току перегрузки, потери напряжения в послеаварийном режиме и термической стойкости к токам короткого замыкания. В качестве примера приведем расчет кабельной линии ЗРУ -ТП-2.

Расчетный ток в кабельной линии в нормальном режиме:

$$I_{P.K} = \frac{S_{P.K}}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (5.1)$$
$$I_{P.K} = \frac{2109,45}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 60,92 \text{ (A)},$$

где  $S_{PK}$  – мощность, которая должна передаваться по кабельной линии в нормальном режиме, кВА.

$n_K$  – число запараллеленных кабелей в кабельной линии, в нашем случае  $n_K=1$ .

Сечение кабельной линии, определяемое по экономической плотности тока:

$$F = \frac{I_{P.K}}{J_{\text{э}}} = \frac{60,92}{1,4} = 43,55 \text{ мм}^2, \quad (5.2)$$

					13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

где  $j_{\text{э}}=1,4$  – экономическая плотность тока для кабелей с бумажной изоляцией и алюминиевыми жилами при числе часов использования максимума нагрузки  $T_{\text{М}}=4960$  ч/год [5].

Выбираем кабель ААШВУ-3х50, к согласно [5]  $I_{\text{доп}}=155$  А.

Допустимый ток кабеля с учетом условий его прокладки рассчитывается по формуле:

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{п}} \cdot K_t \cdot I_{\text{доп}} > I_{\text{Р.К.}}, \quad (5.3)$$

где  $K_{\text{п}}$  – поправочный коэффициент на число параллельно прокладываемых кабелей [7, табл.1.3.26], в нашем случае  $K_{\text{п}}=1$ ;

$K_t$  – поправочный коэффициент на температуру среды, в которой прокладывается кабель [7, табл.1.3.3], при прокладке кабелей в воздухе и нормированной температуре алюминиевых жил с бумажной изоляцией  $60^{\circ}\text{C}$  и температуре среды  $14,4^{\circ}\text{C}$   $K_t=1,14$ .

$$I'_{\text{доп}} = 1 * 1.14 * 155 = 176,7 \text{ (А)}.$$

Проверим кабель по допустимому току в нормальном режиме работы:

$$I'_{\text{доп}}=176,7 \text{ А} > I_{\text{РК}}=60,97 \text{ А},$$

Под послеаварийным режимом кабельной линии понимаем режим, когда выходит из строя одна из двух кабельных линий, питающих потребители первой и второй категорий. Тогда:

$$I_{\text{АВ}} = 2 \cdot I_{\text{РК}},$$

$$I_{\text{АВ}} = 2 \cdot 60,97 = 121,9 \text{ (А)},$$

Допустимая перегрузка кабеля в послеаварийном режиме

$$I'_{\text{АВ}} = K_{\text{АВ}} \cdot I'_{\text{доп}}, \quad (5.5)$$

$$I'_{\text{АВ}} = 1.35 * 176.7 \text{ (А)},$$

где  $K_{\text{АВ}}$  – коэффициент перегрузки, определяется по [7, табл.1.3.2] в зависимости от коэффициента предварительной нагрузки:

$$K_3 = \frac{I_{\text{РК}}}{I_{\text{доп}}}, \quad (5.6)$$

$$K_3 = \frac{60,97}{155} = 0,39.$$

										Лист
										49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР





Таблица 23 - Выбор кабелей 10 кВ и 0,4 кВ.

№	Цех	Конечные пункты КЛ	P <sub>р</sub> , кВт	Q <sub>р</sub> , квар	S <sub>р</sub> , кВА	I <sub>р</sub> , А	F <sub>р</sub> , мм <sup>2</sup>	F <sub>ст</sub> , мм <sup>2</sup>	Тип кабеля	пк	Способ прокладки	Нагрузка, А		I <sub>доп</sub> , А	K <sub>п</sub> , о.е.	K <sub>г</sub> , о.е.	I <sub>доп</sub> , А	K <sub>ав</sub> , о.е.	I <sub>ав</sub> , А	L, км	Г <sub>р</sub> , Ом/км	X <sub>0</sub> , Ом/км	ΔU, %
												норм реж.	п/а реж.										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Кабельные линии 0,4 кВ																							
1	15	ТП1.1-НРП-1	32,38	42,47	53,41	38,59	27,57	50	ААШВУ	2	транш	38,59	77,18	125	0,93	1,14	132,525	1,35	178,90875	0,14	0,586	0,09	0,01
2	1	ТП-2-НРП-2	57,16	64,57	86,24	62,31	44,51	50	ААШВУ	2	транш	62,31	124,62	125	0,93	1,14	132,525	1,35	178,90875	0,063	0,589	0,09	0,78
Кабельные линии 10 кВ																							
3	12	ЗРУ-ТП1.1	1983,2	1895,23	2743,17	79,28	56,63	70	ААШВУ	2	транш	79,28	158,6	180	0,81	1,14	166,212	1,35	224,39	0,18	0,42	0,086	0,09
4	12	ТП1.1-ТП1.2	1983,2	1895,23	2743,17	79,28	56,63	70	ААШВУ	2	т/лоток	79,28	158,6	180	0,92	1,14	188,784	1,35	254,86	0,07	0,42	0,086	0,03
5	12	ТП1.1-ТП1.3	991,6	947,62	1371,59	39,64	28,32	50	ААШВУ	2	т/лоток	39,64	79,3	155	0,92	1,14	162,564	1,35	219,46	0,12	0,589	0,09	0,04
6	2	ЗРУ-ТП2	1518,07	1464,67	2109,45	60,97	43,55	50	ААШВУ	2	транш	60,97	121,9	155	0,92	1,14	162,564	1,35	219,46	0,6	0,589	0,09	0,31
7	3	ЗРУ-ТП3.1	1102,04	1116,34	1568,66	45,34	32,38	50	ААШВУ	2	транш	45,34	90,7	155	0,81	1,14	143,127	1,35	193,22	1,03	0,589	0,09	0,39
8	7	ТП3.1-ТП3.2	1102,04	1116,34	1568,66	45,34	32,38	50	ААШВУ	2	т/лоток	45,34	90,7	155	0,84	1,14	148,428	1,35	200,38	0,14	0,589	0,09	0,05
9	14	ЗРУ-ТП4.1	951,53	767,57	1222,53	35,33	25,24	50	ААШВУ	2	транш	35,33	70,7	155	0,81	1,14	143,127	1,35	193,22	0,9	0,589	0,09	0,28
10	14	ТП4.1-ТП4.2	951,53	767,57	1222,53	35,33	25,24	50	ААШВУ	2	т/лоток	35,33	70,7	155	0,92	1,14	162,564	1,35	219,46	0,15	0,589	0,09	0,05
11	11	ТП4.1-ТП4.3	475,77	383,79	611,27	17,67	12,62	25	ААШВУ	2	т/лоток	17,67	35,3	100	0,92	1,14	104,88	1,35	141,59	0,16	1,17	0,099	0,05
12	9	ЗРУ-ТП5.1	3413,77	3489,94	4881,96	141,10	100,78	120	ААШВУ	2	транш	141,10	282,2	240	0,81	1,14	221,616	1,35	299,18	0,27	0,258	0,081	0,16
13	6	ТП5.1-ТП5.2	3413,77	3489,94	4881,96	141,10	100,78	120	ААШВУ	2	т/лоток	141,10	282,2	240	0,92	1,14	251,712	1,35	339,81	0,15	0,258	0,081	0,09
14	8	ТП6.2-ТП6.1	1674,45	1155,25	2034,30	58,79	42,00	50	ААШВУ	2	транш	58,79	117,6	155	0,81	1,14	143,127	1,35	193,22	0,14	0,589	0,09	0,08
15	4	ЗРУ-ТП6.2	3348,90	2310,50	4068,61	117,59	83,99	95	ААШВУ	2	т/лоток	117,59	235,2	205	0,84	1,14	196,308	1,35	265,02	0,39	0,326	0,083	0,25
16	4	ТП6.1-ТП6.3	3348,90	2310,50	4068,61	117,59	83,99	95	ААШВУ	2	т/лоток	117,59	235,2	205	0,84	1,14	196,308	1,35	265,02	0,06	0,326	0,083	0,04
17	5	ЗРУ-ТП7.1	3062,06	2503,68	3955,33	114,32	81,65	95	ААШВУ	2	транш	114,32	228,6	205	0,81	1,14	189,297	1,35	255,55	0,65	0,326	0,083	0,39
18	5	ТП7.1-ТП7.2	1531,03	1251,84	1977,66	57,16	40,83	50	ААШВУ	2	т/лоток	57,16	114,3	155	0,84	1,14	148,428	1,35	200,38	0,07	0,589	0,09	0,04
19	5	ТП7.1-ТП7.3	3062,06	2503,68	3955,33	114,32	81,65	95	ААШВУ	2	т/лоток	114,32	228,6	205	0,84	1,14	196,308	1,35	265,02	0,09	0,326	0,083	0,05
20	10	ЗРУ-ТП8.1	1535,22	1450,45	2112,03	61,04	43,60	50	ААШВУ	2	транш	61,04	122,1	155	0,84	1,14	148,428	1,35	200,38	0,56	0,589	0,09	0,29
21	10	ТП8.1-ТП8.2	767,61	725,22	1056,02	30,52	21,80	25	ААШВУ	2	т/лоток	30,52	61,0	100	0,92	1,14	104,88	1,35	141,59	0,06	1,17	0,099	0,03
22	10	ТП8.1-ТП8.3	1535,22	1450,45	2112,03	61,04	43,60	50	ААШВУ	2	т/лоток	61,04	122,1	155	0,92	1,14	162,564	1,35	219,46	0,1	0,589	0,09	0,05
23	13	ЗРУ-ТП9.1	2410,70	1935,45	3091,51	89,35	63,82	70	ААШВУ	2	транш	89,35	178,7	180	0,84	1,14	172,368	1,35	232,70	0,59	0,42	0,086	0,35
24	13	ТП9.1-ТП9.2	2410,70	1935,45	3091,51	89,35	63,82	70	ААШВУ	2	т/лоток	89,35	178,7	180	0,92	1,14	188,784	1,35	254,86	0,08	0,42	0,086	0,05
Высоковольтные приемники 10 кВ.																							
25	2	ЗРУ-ИЧТ1,2,3,4	1200,00	743,69	1411,76	20,40	14,57	25	ААШВУ	4	т/лоток	20,40	40,8	100	0,84	1,14	95,76	1,35	129,28	0,63	1,17	0,099	0,23
26	11	ЗРУ - СД 1,2,3,4,5,6	1200,00	-743,69	1411,76	13,60	9,71	25	ААШВУ	6	т/лоток	13,60	27,2	100	0,81	1,14	92,34	1,35	124,66	1,03	1,17	0,099	0,23
27	12	ЗРУ-УТВЧ 1,2,3,4	350,00	262,50	437,50	6,32	4,52	25	ААШВУ	4	т/лоток	6,32	12,6	100	0,84	1,14	95,76	1,35	129,28	0,32	1,17	0,099	0,03
28	13	ЗРУ - ДСП 1	2560,00	1920,00	3200,00	184,97	132,12	150	ААШВУ	1	т/лоток	184,97	369,9	275	1	1,14	313,5	1,35	423,23	0,7	1,17	0,099	2,23
29	13	ЗРУ - ДСП 2,3,4	1350,00	836,65	1588,24	30,60	21,86	25	ААШВУ	3	т/лоток	30,60	61,2	100	0,87	1,14	99,18	1,35	133,89	0,72	0,589	0,09	0,21
30	14	ЗРУ - ДСП 5,6	2560,00	1920,00	3200,00	92,49	66,06	70	ААШВУ	2	т/лоток	92,49	185,0	180	0,92	1,14	188,784	1,35	254,86	0,86	0,42	0,086	0,53
31	14	ЗРУ - ДСП 7,8,9,10,11,12	2560,00	1920,00	3200,00	30,83	22,02	25	ААШВУ	6	т/лоток	30,83	61,7	100	0,81	1,14	92,34	1,35	124,66	0,96	0,589	0,09	0,27

13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР

Плзм.

Дист

№ докум.

Подпись

Дата



## 6 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Расчет токов короткого замыкания производится с помощью типовых кривых. Достаточно рассмотреть ток трехфазного короткого замыкания в характерных точках СЭС предприятия и определить периодическую составляющую этого тока для наиболее тяжелого режима работы сети. Учет апериодической составляющей производится приближенно, допускается, что она имеет максимальное значение в рассматриваемой точке электрической сети. Так как мощность короткого замыкания энергосистемы в месте присоединения питающей предприятие линии значительно превышает мощность, потребляемую предприятием, то допускается периодическую составляющую тока короткого замыкания от энергосистемы принимать неизменной во времени:

$$I_K = I_{I0} = I_{II} \quad (6.1)$$

Для расчета токов короткого замыкания составим расчетную электрическую схему (рисунок 6).

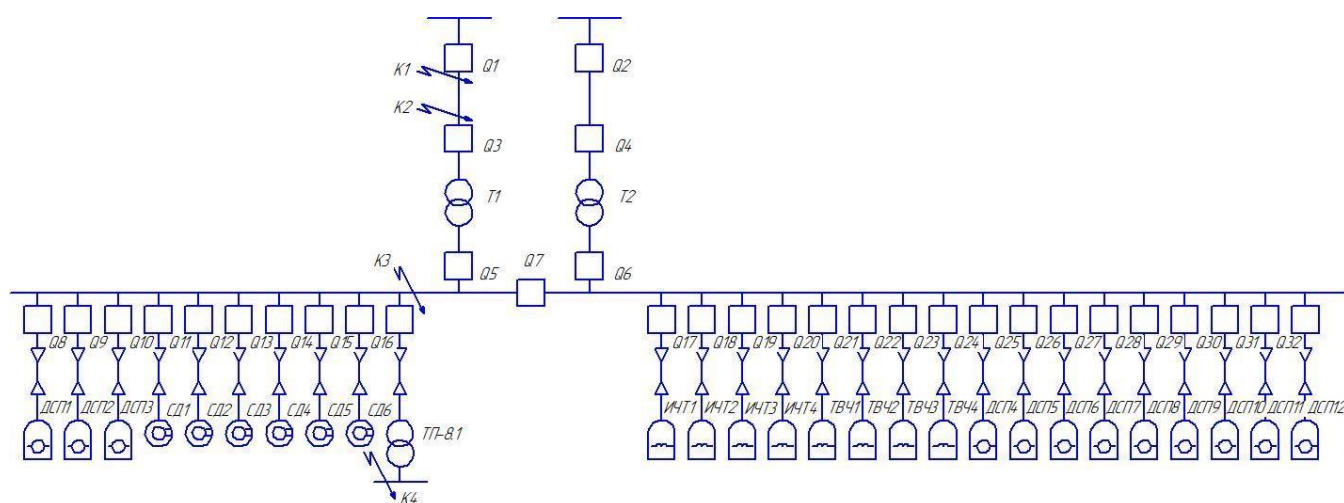


Рисунок 6 – Расчетная электрическая схема СЭС предприятия для расчета токов КЗ

При выборе расчетной схемы для определения токов короткого замыкания рассчитывается режим, при котором воздействие токов короткого замыкания на систему электроснабжения является наиболее тяжелым. Это режим, когда один из трансформаторов главной понизительной подстанции отключен для проведения профилактических мероприятий или аварийного ремонта и включен секционный

					13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР	Лист 52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

выключатель в распределительном устройстве 10 кВ ГПП, то есть все электроприемники питаются от одного трансформатора. В этом случае все асинхронные двигатели будут влиять на величину тока КЗ.

При определении токов КЗ в точках  $K_1$  и  $K_2$  подпитку от асинхронных двигателей можно не учитывать. В подпитке точки  $K_3$  участвуют все асинхронные двигатели, подключенные к двум секциям. При определении тока КЗ в точке  $K_4$  в качестве источника рассматривается только энергосистема, а подпитка от электродвигателей напряжением 10 кВ не учитывается.

Для расчета токов КЗ по схеме электроснабжения предприятия (рисунок 6) составляется схема замещения (рисунок 7).

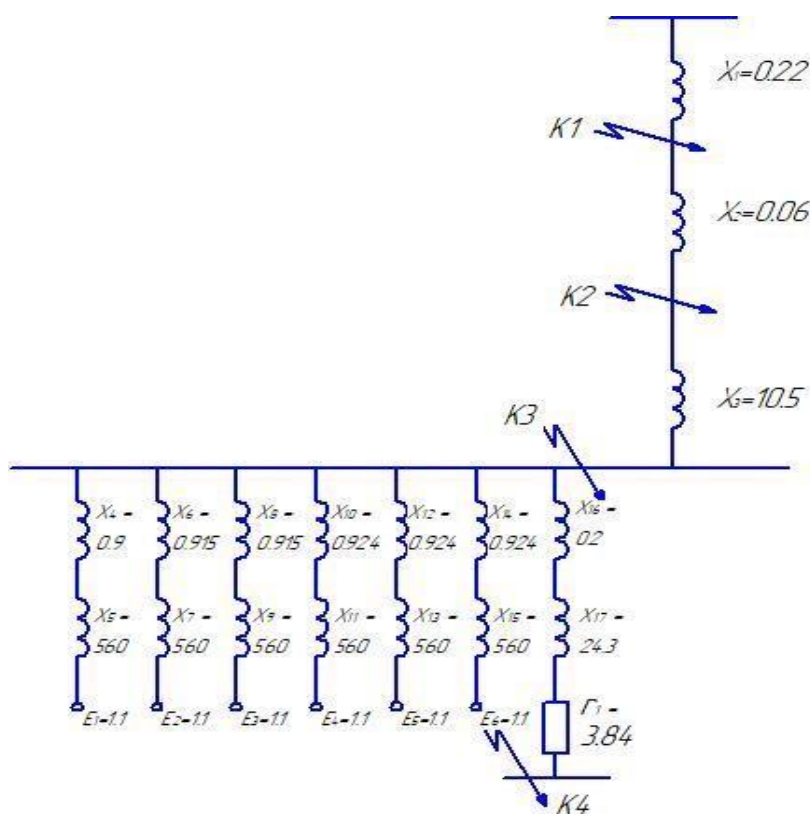


Рисунок 7 – Схема замещения для расчета токов КЗ

Найдем параметры схемы замещения в относительных единицах при  $S_B = 1000$  МВА и принимая за базисное напряжение той ступени, на которой произошло короткое замыкание.

Сопротивление системы:

$$x_1 = x_c = \frac{S_B}{S_{КЗС}} = \frac{1000}{4500} = 0,22, \quad (6.2)$$



Полное сопротивление трансформатора цеховой ТП:

$$z_{13} = z_{T2} = \frac{U_{K3}}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{H.T.}} = \frac{6}{100} \cdot \frac{1000 \cdot 10^3}{2500} = 24. \quad (6.8)$$

Активное сопротивление трансформатора

$$r_1 = r_{T2} = \Delta P_{K3} \cdot \frac{S_B}{S_{H.T.}^2} = 24 \cdot 10^3 \frac{1000}{2500^2} = 3,84. \quad (6.9)$$

Индуктивное сопротивление трансформатора

$$x_{17} = x_{T2} = \sqrt{z_{13}^2 + r_1^2} = 24,3. \quad (6.10)$$

Перейдем к расчету токов короткого замыкания.

Токи КЗ в точках К1 и К2 были определены при технико-экономическом обосновании величины напряжения внешнего электроснабжения предприятия.

Для расчета тока короткого замыкания в точке К<sub>3</sub> приведем схему замещения (рисунок 7) к виду рисунка 8.

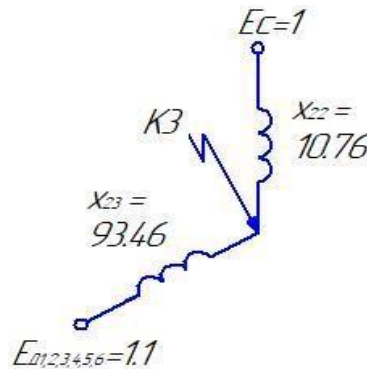


Рисунок 8 – Схема замещения для расчета тока КЗ в точке К<sub>3</sub>

Сопротивления на рисунке 6:

$$x_{22} = x_1 + x_2 + x_3 = 0.2 + 0.06 + 10.5 = 10.76, \quad (6.11)$$

$$x_{23} = \frac{1}{\frac{1}{x_4 + x_5} + \frac{1}{x_6 + x_7} + \frac{1}{x_8 + x_9} + \frac{1}{x_{10} + x_{11}} + \frac{1}{x_{12} + x_{13}} + \frac{1}{x_{14} + x_{15}}} = \frac{1}{\frac{1}{560 + 0.915 + 560 + 0.915 + 560 + 0.924 + 560 + 0.924 + 560} + \frac{1}{0.924 + 560}} = 93.46. \quad (6.12)$$





Ударный ток КЗ:

$$i_{уд4} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{к4}, \quad (6.21)$$

где ударный коэффициент  $K_y = 1,6$  согласно [1]:

$$i_{уд4} = \sqrt{2} \cdot 1,6 \cdot 40,75 = 92,2 \text{ кА.}$$

Результаты расчетов по всем точкам КЗ представлены в таблице 24:

Таблица 24 – Результаты расчета токов короткого замыкания

Расчетная точка	Напряжение $U_{ср}$ расчетной точки, кВ	Токи, кА		Мощность КЗ ступени, МВА
		$I_{п,0}$	$i_{уд}$	
К <sub>1</sub>	115	22,85	48,2	4500
К <sub>2</sub>	115	17,95	45,7	2135,94
К <sub>3</sub>	10,5	5,75	13,17	82,71
К <sub>4</sub>	0,4	40,75	92,2	28,2

Для оценки теплового импульса воздействия тока КЗ на отдельные элементы системы электроснабжения необходимо найти время отключения КЗ. С этой целью построим диаграмму селективности действия максимальной токовой защиты (рисунок 9), ступень селективности примем равной 0,5с.

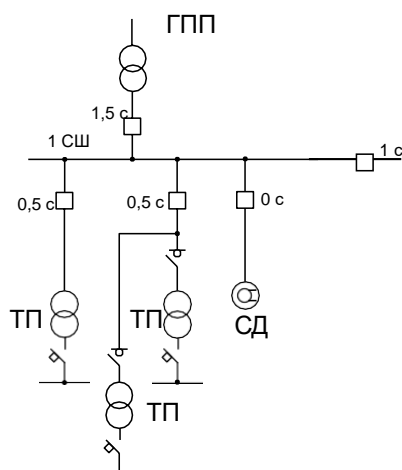


Рисунок 9 – Диаграмма селективности действия максимальной токовой защиты







Таблица 28 – Выбор трансформаторов тока на вводе в КРУ

Условия выбора	Расчетные параметры сети	Каталожные данные ТШЛ-10-УЗ; ТЗ
$u_{НОМ} \geq u_{УСТ}$	$u_{УСТ}=10 \text{ кВ}$	$u_{НОМ}=10 \text{ кВ}$
$I_{НОМ} \geq I_{УТЯЖ}$	$I_{УТЯЖ}=2590 \text{ А}$	$I_{НОМ}=3000 \text{ А}$
$i_{ДИН} \geq i_{УД}$	$i_{УД}=13,7 \text{ кА}$	$i_{ДИН}=50 \text{ кА}$
$I_{\text{ТЕР}}^2 \cdot t_{\text{ТЕР}} \geq B_{\text{К}}$	$B_{\text{К}}=50,6 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{ТЕР}}^2 \cdot t_{\text{ТЕР}} = 31,5^2 \cdot 3 = 2977 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

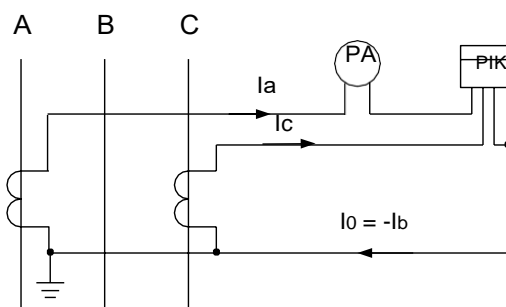


Рисунок 10 – Схема включения трансформаторов тока и приборов

Определяем нагрузку по фазам, пользуясь схемой включения (рисунок 10) и каталожными данными приборов, для выбора наиболее загруженного трансформатора тока.

Таблица 29 – Проверка класса точности трансформатора тока

Прибор	Тип прибора	Количество приборов	Нагрузка фазы, ВА		
			А	В	С
Амперметр	Э-335	1	0,5	-	-
Счетчик активной и реактивной энергии	Меркурий 230 ART-00	1	1,5	1,5	1,5
Итого:			2	1,5	1,5

По данным таблицы 29 видно, что наиболее загруженной является фаза А, мощность приборов в этой фазе  $S_{\text{ПРИБ}}=2 \text{ ВА}$ .

Сопротивление приборов

$$r_{\text{ПРИБ}} = \frac{S_{\text{ПРИБ}}}{I_2^2}, \quad (7.5)$$



$$0,19 \leq 0,8.$$

В качестве соединительных проводов принимаем контрольный кабель АКРВГ с жилами сечением 4 мм<sup>2</sup> по условию механической прочности.

#### 7.4 Выбор трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения выбирают по следующим условиям:

- 1) по номинальному напряжению,  $U_{НОМ} \geq U_{УСТ}$
- 2) по конструкции и схеме соединения обмоток;
- 3) по классу точности.

Принимаем к установке три однофазных трансформатора напряжения типа ЗНОЛ.06-10УЗ. Схема включения трансформаторов напряжения – «звезда с землей – звезда с землей – разомкнутый треугольник» (рисунок 11).

Чтобы трансформатор напряжения работал в заданном классе точности, должно выполняться условие:

$$S_{НАГР} \leq S_{2НОМ}, \quad (7.9)$$

где  $S_{НАГР}$  – мощность всех измерительных приборов и реле, присоединенных к трансформатору напряжения, ВА;

$S_{2НОМ}$  – номинальная мощность вторичной обмотки трансформатора напряжения в заданном классе точности, ВА.

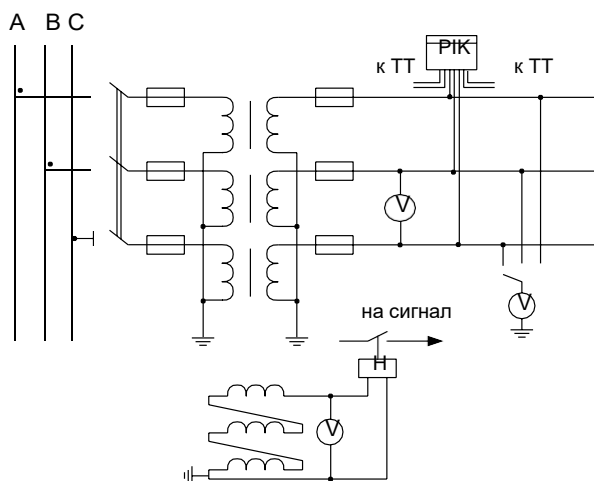


Рисунок 11 – Схема включения трансформаторов напряжения и приборов

										Лист
										63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР

Таблица 30 – Вторичная нагрузка трансформаторов напряжения

Прибор	Тип	Число приборов	Число обмоток	S одной обмотки, ВА	cosφ	sinφ	Общая потребляемая мощность		
							P, Вт	Q, вар	
Вольтметр (сборные шины)	Э-335	2	1	2,0	1,00	0	4	-	
Вольтметр для изм-я 3-х м/ф напряжений	Omix-VX-3-0.5	2	1	5	1	0	10	-	
Счетчик активной и реактивной энергии	Ввод 10 кВ	Меркурий 230 ART-00	1	2	2,0	0,65	0,58	2,6	2,32
Счетчик активной и реактивной энергии	Линии 10 кВ	Меркурий 230 ART-00	8	2	2,0	0,65	0,58	20,8	18,54
Итого:								37,4	20,86

Мощность, потребляемая приборами:

$$S_{\text{НАГР}} = \sqrt{P_{\text{ПРС}}^2 + Q_{\text{ПРС}}^2}, \quad (7.10)$$

$$S_{\text{НАГР}} = \sqrt{37,4^2 + 20,86^2} = 42,82 \text{ ВА.}$$

Так как имеются счетчики денежного расчета, то трансформаторы напряжения необходимо проверить в классе точности 0,5. Номинальная мощность вторичной обмотки одного трансформатора напряжения типа ЗНОЛ.06-10У3 в классе точности 0,5  $S_{2\text{НОМ}}=75$  ВА. Номинальная мощность трех трансформаторов напряжения, соединенных в звезду,  $S_{2\text{НОМ}} = 3 \cdot 75 = 225$  ВА.

Таким образом,  $S_{\text{НАГР}} < S_{2\text{НОМ}}$ , следовательно, трансформаторы напряжения будут работать в классе точности 0,5.

Для соединения трансформаторов напряжения с приборами принимаем контрольный кабель АКРВГ с алюминиевыми жилами сечением 4 мм<sup>2</sup> по условию механической прочности.

										Лист
										64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР					







## Выбор трансформаторов собственных нужд ЦРП

При учебном проектировании допустимо принимать мощность трансформатора собственных нужд, равной 0,5% от мощности нагрузки:

$$S_{\text{ТСН}} = \frac{0,5}{100} \cdot S_{\text{р}} = 0,005 \cdot 32000 = 160 \text{ кВА.} \quad (7.12)$$

Выбираем трансформатор типа ТМ-160/10.

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{S_{\text{НГ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{Н}}} = \frac{160}{1,73 \cdot 10} = 9,25 \text{ (А)}. \quad (7.13)$$

Трансформатор подключается к обмотке НН силовых трансформаторов ГПП через предохранители типа ПКТ101-10-6-31,5 УЗ.

## Выбор коммутационного оборудования НРП

В качестве цеховых ТП принимаем комплектные трансформаторные подстанции типов КТП-500/10/0,4-84У1, КТП-630/10/0,4-84У1, КТП-800/10/0,4-84У1. Они комплектуются шкафами высокого напряжения с предохранителями и выключателями нагрузки, шкафами низкого напряжения с вводными и секционными автоматическими выключателями, при больших токах короткого замыкания используют специальные автоматические выключатели.

В качестве НРП выбираем силовые распределительные шкафы типа ПР8, комплектуемые автоматическими выключателями.

					13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

## 8 КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Оптимальный выбор средств компенсации реактивной мощности является составной частью построения рациональной системы электроснабжения промышленного предприятия. Распределительное устройство напряжением 10 кВ ЦРП имеет две системы сборных шин, расчет будем вести на одну секцию.

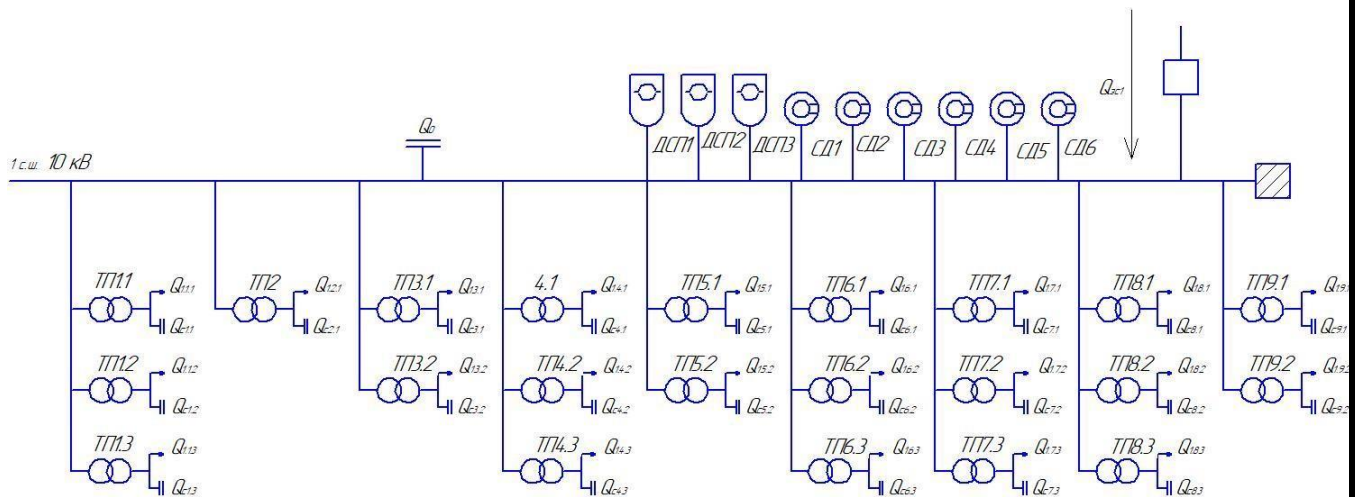


Рисунок 12 – Расчетная схема

Таблица 33 - Исходные данные для расчета компенсации реактивной мощности

Трансформаторная подстанция	$S_{ТНi}$ , кВА	$Q_{i1}$ , квар	$\Delta Q_{Ti}$ , квар	$R_{Ti}$ , Ом	$R_{Li}$ , Ом
ТП1.1	1600	2696,9	127,84	0,8	0,07
ТП1.2	1600	2696,9	127,84	0,8	0,03
ТП1.3	1600	2696,9	63,92	0,4	0,07
ТП2	1600	1196,4	104,96	0,6	0,35
ТП3.1	2000	1762,78	81,44	0,4	0,61
ТП3.2	2000	1762,78	81,44	0,4	0,08
ТП4.1	1250	1741,33	88,80	1,0	0,53
ТП4.2	1250	1741,33	44,40	0,5	0,09
ТП4.3	1250	1741,33	44,40	0,5	0,19
ТП5.1	2500	1796,6	187,00	0,5	0,07
ТП5.2	2500	1796,6	187,00	0,5	0,04
ТП6.1	2500	2785,7	187,00	0,5	0,08
ТП6.2	2500	2785,7	187,00	0,5	0,13
ТП6.3	2500	2785,7	93,50	0,2	0,02
ТП7.1	2500	4375,2	187,00	0,5	0,21
ТП7.2	2500	4375,2	187,00	0,5	0,04
ТП7.3	2500	4375,2	93,50	0,2	0,03
ТП8.1	1250	2171	88,80	1,0	0,33
ТП8.2	1250	2171	88,80	1,0	0,07
ТП8.3	1250	2171	44,40	0,5	0,06
ТП9.1	2000	407,9	109,12	0,5	0,25
ТП9.2	2000	407,9	109,12	0,5	0,03
ИТОГО:		50441,35	2514,28		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР

Лист

68

В таблице обозначено:

$S_{HTi}$  – номинальная мощность трансформатора  $i$ -й ТП;

$Q_{i1}$  и  $\Delta Q_{Ti}$  – реактивная нагрузка на трансформаторы  $i$ -й ТП и потери реактивной мощности в них;

$R_{Tpi}$  – активное сопротивление трансформаторов  $i$ -й ТП;

$R_{Li}$  – активное сопротивление  $i$ -й кабельной линии.

Активные сопротивления трансформаторов, приведенные к напряжению 10 кВ, определяются по формуле:

$$R_{Tpi} = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U_H^2}{S_{HTi}^2}, \quad (8.1)$$

Активные сопротивления кабельных линий найдем по формуле:

$$R_{Li} = r_{0Li} \cdot l_i, \quad (8.2)$$

где  $r_{0Li}$  – удельное сопротивление  $i$ -й линии, Ом/км;

$l_i$  – длина  $i$ -й линии, км.

Также в составе электроприемников СШ1 имеется синхронные двигатели 250 кВт:

Таблица 34 - Номинальные данные синхронных двигателей

Обозначение в схеме	Тип двигателя	$U_{ном},$ кВ	$P_{сд.нi},$ кВт	$Q_{сд.нi},$ квар	$N_i,$ шт	$D1_i,$	$D2_i,$
						кВт	кВт
СД1, СД2, СД3, СД4, СД5, СД6.	СТД	10	250	172	6	5,78	4,22

Синхронные двигатели имеют загрузку по активной мощности  $\beta_{СД} = 0,95$

Располагаемая реактивная мощность синхронного двигателя 250:

$$Q_{сд.нi} = a_{mi} \cdot N_i \cdot \sqrt{P_{сд.нi}^2 + Q_{сд.нi}^2}, \quad (8.3)$$

$$Q_{сд.нi} = 0.45 \cdot 6 \cdot \sqrt{250^2 + 172^2} = 819,3 \text{ (кВар)}.$$

Удельная стоимость потерь активной мощности от протекания реактивной мощности:

										Лист
										69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР					



Для ТП, питающихся по радиальным линиям, (рисунок 13(а)),

$$R_{\Sigma i} = r_i = R_{ТП i} + R_{Л i}. \quad (8.8)$$

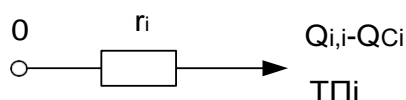


Рисунок 13(а) - Схема замещения радиальной линии

Аналогично рассчитываем сопротивления для остальных ТП, питающихся по радиальным схемам.

ТП питающихся по магистральным линиям (рисунок 13(б)):

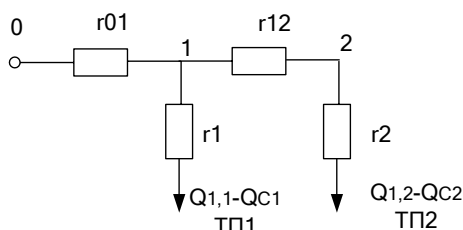


Рисунок 13(б) - Схема замещения магистральной линии

Эквивалентная проводимость точки 1 схемы рисунок 13 (б):

$$\frac{1}{R_{Т1}} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_{12} + r_2}.$$

С учетом полученного эквивалентные сопротивления присоединений ТП1 и ТП2

$$R_{\Sigma 1} = \left(1 + \frac{r_{01}}{R_{Т1}}\right) r_1;$$

$$R_{\Sigma 2} = \left(1 + \frac{r_{01}}{R_{Т1}}\right) (r_{12} + r_2).$$

Аналогично рассчитываем сопротивления для остальных ТП, питающихся по магистральным линиям, результаты расчета представлены в таблице 33.

Определим реактивную мощность источников, подключенных к первой секции СШ 10 кВ ГПП.

Оптимальные реактивные мощности низковольтных БК, подключенных к ТП, определяем в предположении, что к шинам ГПП подключена высоковольтная БК (при этом коэффициент Лагранжа  $\lambda = 3_{10}$ ):

									13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР	Лист
										71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						







Устанавливаем три высоковольтную батарею УКЛ56-10,5-9000 У1, мощностью 9000 квар

					13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74





## Газовая защита

Газовая защита является основной защитой трансформатора от межвитковых замыканий и других внутренних повреждений, сопровождаемых разложением масла и выделением газа. В качестве реагирующего органа выбирается реле типа РГТ-80 с уставкой скоростного элемента (нижнего) 0,6 м/с. Верхняя пара контактов действует на сигнал при слабом газовыделении и понижении уровня масла. Нижняя пара контактов действует на отключение при бурном газообразовании и дальнейшем понижении уровня масла.

### 9.2 Расчет защиты кабельных линий

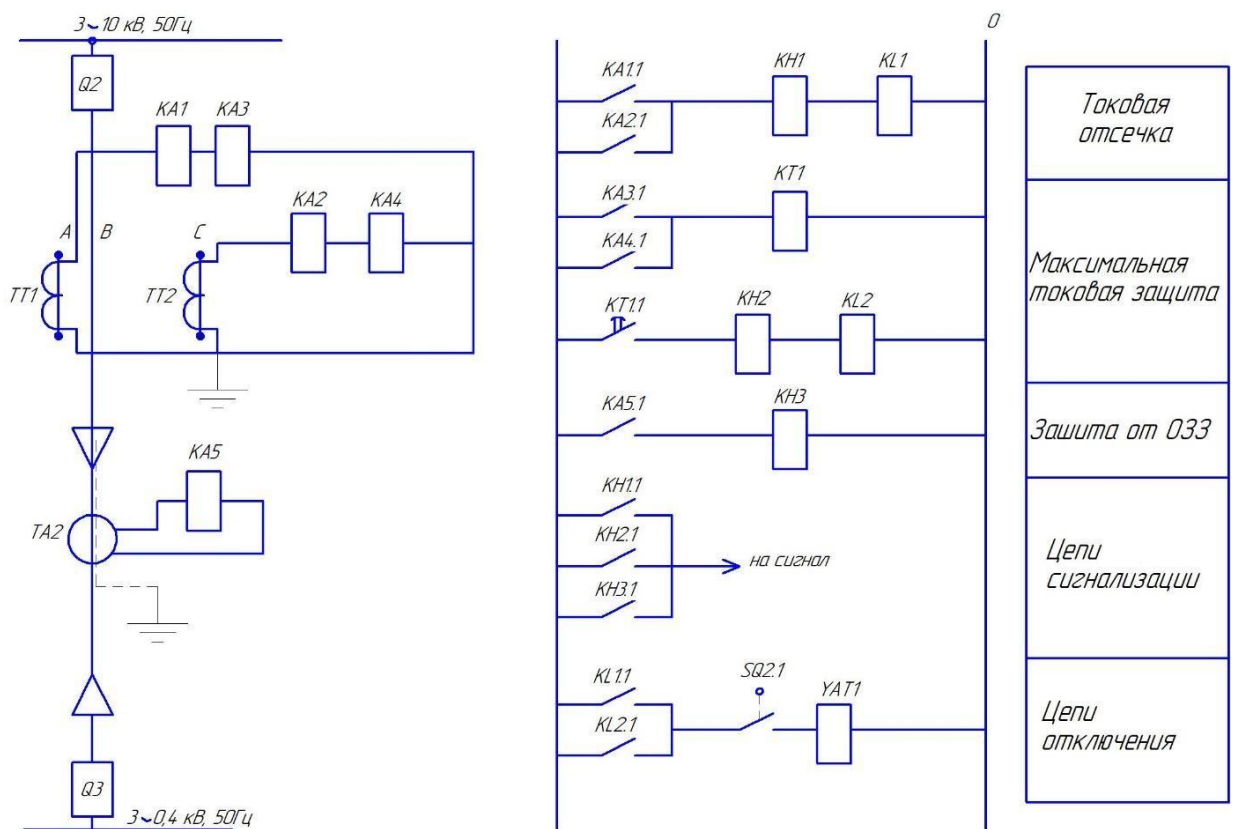


Рисунок - 15 Схема релейных защит кабельной линии

В общем случае кабельные линии промышленных предприятий защищают при следующих повреждениях и ненормальных режимах:

- при междуфазных КЗ;
- при замыканиях на землю (трехфазных, двухфазных, двойных, однофазных);





Найдем ток уставки реле:

$$I_{уст} = (1 + \Sigma \theta) \cdot I_{MIN} = (1 + 2) \cdot 1,5 = 4,5(A). \quad (9.20)$$

Коэффициент чувствительности при КЗ в основной зоне:

$$K_{ч.осн} = \frac{I_{кз.мин}^{(K3)}}{I_{сз}} = \frac{5750 \cdot 0,866}{274,5} = 18,14 > 1,5. \quad (9.21)$$

Чувствительность удовлетворяет условию.

в резервной зоне:

$$K_{ч.неосн} = \frac{I_{кз.мин}^{(K4)}}{I_{сз} N_T} = \frac{40750 \cdot 0,866}{274,5 \cdot 25} = 5,3 \geq 1,2. \quad (9.22)$$

Чувствительность удовлетворяет условию.

Определяется время срабатывания защиты :

где,  $\Delta t$  – ступень селективности статического реле (принимается 0,5 с), с.

$$t_{сз23} = (t_{сзQ27} + \Delta t) + \Delta t = 1,3 + 0,4 + 0,4 = 2,1(сек). \quad (9.23)$$

Выбирается реле напряжения РСН. Реле подключается ко вторичной обмотке трансформатора напряжения.

$$K_U = \frac{U_{1ном}}{U_{2ном}} = \frac{10000}{100} = 100. \quad (9.24)$$

Напряжение срабатывания защиты:

$$U_{сз} = \frac{0,7 \cdot U_2}{K_{отс} \cdot K_B} = \frac{0,7 \cdot 10000}{1,1 \cdot 1,1} = 5785,12(B), \quad (9.25)$$

где  $K_{отс}$  – коэффициент отстройки,  $K_{отс} = 1,1$ ;  $K_B$  – коэффициент возврата реле напряжения,  $K_B = 1,1$ .

Коэффициент чувствительности реле по напряжению  $K_{ч}$ :

$$K_{ч} = \frac{U_{сз}}{U_{min.ост}} = \frac{5785,12}{2719} = 2,13 > 1,5, \quad (9.26)$$

где  $U_{min.ост}$  – минимальное остаточное напряжение, кВ. Оно определяется по формуле:

$$U_{min.ост} = \sqrt{3} \cdot I_{кз.мах}^{(K4)} \cdot \sqrt{\left(x_{0лб} \cdot \frac{l}{n}\right)^2 + \left(r_{0лб} \cdot \frac{l}{n}\right)^2} = 1,73 \cdot 40750 \cdot \sqrt{\left(0,086 \cdot \frac{0,18}{2}\right)^2 + \left(0,42 \cdot \frac{0,18}{2}\right)^2} = 2719(B). \quad (9.27)$$

									Лист
									80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР				



Напряжение срабатывания реле:

$$U_{\text{ср}} = \frac{U_{\text{сз}}}{k_U} = \frac{5985.12}{100} = 59.85 \text{ В.} \quad (9.28)$$

Защита от однофазных замыканий на землю

Определяется тип трансформатора тока нулевой последовательности. Схема включения трансформатора тока – полная звезда, следовательно,  $K_{\text{СХ}}=1$ .

Для кабеля заданной марки ток нулевой последовательности равен:

$$I_{0Л} = I_{\text{с0}} \cdot L_6 \cdot n, \quad (9.29)$$

$$I_0 = 2 \cdot 1,8 \cdot 0,9 = 3,24 \text{ (А)},$$

где  $I_{\text{с0}}$  – удельный емкостный ток однофазного замыкания на землю, А/км (определяется из таблицы 37).

Ток срабатывания защиты:

$$I_{\text{сз}} = k_{\text{отс}} \cdot 3 \cdot I_0 = 1,2 \cdot 3 \cdot 3,24 = 11,7 \text{ (А)}. \quad (9.30)$$

Ток срабатывания реле не определяется, т.к. коэффициент трансформации трансформатора тока нулевой последовательности можно сделать любым.

Если неизвестен ток утечки для всей сети предприятия, определяемый экспериментально, то проверку чувствительности произвести невозможно.

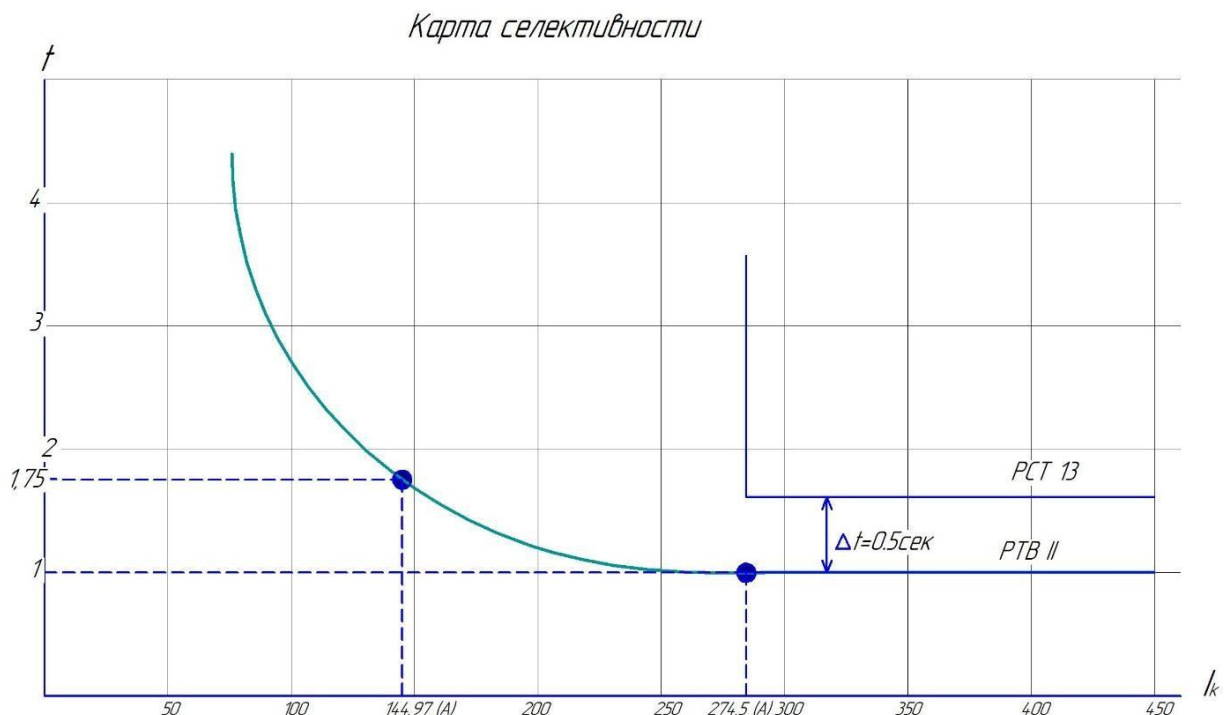


Рисунок - 16 Карта селективной защиты

Таблица – 37 Удельные емкостные токи однофазного замыкания на землю кабелей 6-35 кВ с бумажной изоляцией и вязкой пропиткой, А/км

Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Кабели с поясной изоляцией		Кабели с отдельно свинцованными жилами		Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Кабели с поясной изоляцией		Кабели с отдельно свинцованными жилами	
	6 кВ	10 кВ	20 кВ	35 кВ		6 кВ	10 кВ	20 кВ	35 кВ
10	0,33	–	–	–	120	0,89	1,1	3,4	4,4
16	0,37	0,52	–	–	150	1,1	1,3	3,7	4,8
25	0,46	0,62	2,0	–	185	1,2	1,4	4,0	–
35	0,52	0,69	2,2	–	240	1,3	1,6	–	–
50	0,59	0,77	2,5	–	300	1,5	1,8	–	–
70	0,71	0,9	2,8	3,7	400	1,7	2,0	–	–
95	0,82	1,0	3,1	4,1	500	2,0	2,3	–	–





Таблица – 38 Технические данные автоматических выключателей серии ВА и линий электроснабжения

Наименование оборудования	P <sub>н</sub> кВт	cos(φ)	η	I <sub>дл</sub> =I <sub>н.д.</sub> , А	I <sub>н.р.</sub> , А	Тип ВА	U <sub>н.л.</sub>	Номинальный ток, А		Кратность уставки		I <sub>у(п)</sub> , А	I <sub>у(кз)</sub> , А	I <sub>откл.</sub> , кА	I <sub>н.р.</sub>	I <sub>н</sub>	I <sub>о</sub>	K <sub>о</sub>	I <sub>доп</sub>	Проводник
								I <sub>н.а.</sub>	I <sub>н.р.</sub>	K <sub>у(тр)</sub>	K <sub>у(эмп)</sub>									
<b>Термическое отделение</b>																				
Печь сопротивления	55	0,95	0,87	101,2	126,5	ВА51-33	380	160	160	1,25	10	200,0	1600	12,5	126,5	759,2	911,0	5,7	200	АВРГ 3x95
Молот пневматический	20	0,65	0,87	53,8	67,2	ВА51Г-31	380	160	80	1,35	10	108,0	800	12,5	67,2	403,5	484,2	6,1	130	АВРГ 3x50
Молот пневматический	10	0,65	0,87	26,9	33,6	ВА51Г-31	380	100	40	1,35	5	54,0	200	12	33,6	201,7	242,1	6,1	60	АВРГ 3x16
Пресс гидравлический	10	0,8	0,87	21,9	27,3	ВА51-31	380	100	31,5	1,35	5	42,5	157,5	12	27,3	163,9	196,7	6,2	47	АВРГ 3x10
Вентилятор	10	0,8	0,87	21,9	27,3	ВА51-31	380	100	31,5	1,35	5	42,5	157,5	12	27,3	163,9	196,7	6,2	47	АВРГ 3x10
Вентилятор поддува	4,5	0,8	0,87	9,8	12,3	ВА51-31	380	100	12,5	1,35	3,8	16,9	47,5	12	12,3	73,8	88,5	7,1	19	АВРГ 3x2,5
<b>Заготовительное отделение</b>																				
Сварочный аппарат	30	0,35	0,64	203,7	254,7	ВА51-37	380	400	250	1,25	10	312,5	2500	25	254,7	1527,9	1833,5	7,3	250	АВРГ 3x120
Ножницы гильотинные	7	0,65	0,64	25,6	32,0	ВА51-31	380	100	31,5	1,35	7	42,5	220,5	15	34,6	192,0	230,4	7,3	47	АВРГ 3x10
Вальцы листозгибочные	22	0,6	0,64	87,1	108,9	ВА51-33	380	160	125	1,25	10	156,3	1250	12,5	108,9	653,6	784,3	6,3	160	АВРГ 3x70
Пресс гидравлический	10	0,8	0,64	29,7	37,1	ВА51Г-31	380	100	40	1,35	7	54,0	280	5	40,1	222,8	267,4	6,7	60	АВРГ 3x16
Пресс гидравлический	27	0,8	0,64	80,2	100,3	ВА51-33	380	160	125	1,25	10	156,3	1250	12,5	100,3	601,6	721,9	5,8	160	АВРГ 3x70
Станок радиально-сверлильный	12	0,4	0,64	71,3	89,1	ВА51Г-31	380	100	100	1,35	10	135,0	1000	5	96,3	534,8	641,7	6,4	165	АВРГ 3x70
Вентилятор-калорифер	14	0,82	0,64	40,6	50,7	ВА51Г-31	380	100	63	1,35	7	85,1	441	5	54,8	304,3	365,2	5,8	95	АВРГ 3x35
Станок наждачный	5	0,65	0,64	18,3	22,9	ВА51-25	380	25	25	1,35	7	33,8	175	3	24,7	137,1	164,5	6,6	47	АВРГ 3x10
Вентилятор наждака	2,8	0,8	0,64	8,3	10,4	ВА51-25	380	25	12,5	1,35	7	16,9	87,5	2,5	11,2	62,4	74,9	6,0	19	АВРГ 3x2,5
Вентилятор	10	0,8	0,64	29,7	37,1	ВА51Г-31	380	100	40	1,35	7	54,0	280	5	40,1	222,8	267,4	6,7	60	АВРГ 3x16
Кран-балка	12	0,5	0,64	57,0	71,3	ВА51Г-31	380	100	80	1,35	7	108,0	560	5	77,0	427,8	513,4	6,4	130	АВРГ 3x50

13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР

Продолжение таблицы 38

Наименование оборудования	P <sub>н</sub> , кВт	cos(φ)	η	I <sub>дл</sub> =I <sub>н.д.</sub> , А	I <sub>н.р.</sub> , А	Тип ВА	U <sub>н.л.</sub>	Номинальный ток, А		Кратность уставки		I <sub>у(н)</sub> , А	I <sub>у(кз)</sub> , А	I <sub>откл.</sub> , кА	I <sub>н.р.</sub>	I <sub>п</sub>	I <sub>о</sub>	K <sub>о</sub>	I <sub>доп</sub>	Проводник
								I <sub>н.а.</sub>	I <sub>н.р.</sub>	K <sub>у(тр)</sub>	K <sub>у(эмп)</sub>									
<b>Инструментальное отделение</b>																				
Станок токарно-винторезный	16,2	0,65	0,64	59,2	74,0	ВА51Г-31	380	100	80	1,35	10	108	800	5	79,97	444,3	533,1	6,7	130	АВРГ 3х50
Станок токарно-винторезный	30	0,65	0,64	109,7	137,1	ВА51Г-33	380	160	160	1,25	10	200	1600	7	137,12	822,7	987,3	6,2	200	АВРГ 3х51
Станок токарно-винторезный	42,4	0,65	0,64	155,0	193,8	ВА51-35	380	250	200	1,25	12	250	2400	15	193,8	1162,8	1395,4	7,0	220	АВРГ 3х120
Станок радиально-сверлильный	12	0,4	0,64	71,3	89,1	ВА51Г-31	380	100	100	1,35	10	135	1000	5	96,26	534,8	641,7	6,4	165	АВРГ 3х70
Станок кругло-шлифовальный	7,2	0,65	0,64	26,3	32,9	ВА51Г-31	380	100	40	1,35	7	54	280	5	35,542	197,5	236,9	5,9	60	АВРГ 3х16
Станок вертикально-	1	0,4	0,64	5,9	7,4	ВА51-25	380	25	8	1,35	7	10,8	56	2	8,0217	44,6	53,5	6,7	19	АВРГ 3х2,5
Станок заточной	1	0,4	0,64	5,9	7,4	ВА51-25	380	25	8	1,35	7	10,8	56	2	8,0217	44,6	53,5	6,7	19	АВРГ 3х2,5
Станок наждачный	4,5	0,65	0,64	16,5	20,6	ВА51-25	380	25	25	1,35	7	33,75	175	3	22,214	123,4	148,1	5,9	47	АВРГ 3х10
Вентилятор наждака	10	0,8	0,64	29,7	37,1	ВА51Г-31	380	100	40	1,35	7	54	280	5	40,108	222,8	267,4	6,7	60	АВРГ 3х16
Станок продольно-строгальный	48,2	0,4	0,64	286,4	358,0	ВА51-37	380	400	400	1,25	10	500	4000	25	358	2148,0	2577,6	6,4	220	АВРГ 3х120
Станок плоскошлифовальный	15,8	0,65	0,64	57,8	72,2	ВА51Г-31	380	100	80	1,35	10	108	800	5	77,995	433,3	520,0	6,5	130	АВРГ 3х60
Станок токарно-револьверный	13	0,65	0,64	47,5	59,4	ВА51Г-31	380	100	63	1,35	10	85,05	630	5	64,173	356,5	427,8	6,8	95	АВРГ 3х35
Станок расточной	11,9	0,65	0,64	43,5	54,4	ВА51Г-31	380	100	63	1,35	10	85,05	630	5	58,743	326,4	391,6	6,2	95	АВРГ 3х35
Станок зубофрезерный	15,8	0,65	0,64	57,8	72,2	ВА51Г-31	380	100	80	1,35	10	108	800	5	77,995	433,3	520,0	6,5	130	АВРГ 3х50
Станок зубодолбежный	11,7	0,4	0,64	69,5	86,9	ВА51Г-31	380	100	100	1,35	10	135	1000	5	93,853	521,4	625,7	6,3	165	АВРГ 3х70
Станок горизонтально	13,1	0,4	0,64	77,8	97,3	ВА51Г-31	380	100	100	1,35	10	135	1000	5	105,08	583,8	700,6	7,0	165	АВРГ 3х70
Станок вертикально-фрезерный	13	0,4	0,64	77,2	96,6	ВА51Г-31	380	100	100	1,35	10	135	1000	5	104,28	579,3	695,2	7,0	165	АВРГ 3х70
Станок долбежный	10,9	0,4	0,64	64,8	81,0	ВА51Г-31	380	100	100	1,35	10	135	1000	5	87,436	485,8	582,9	5,8	165	АВРГ 3х70
Станок строгальный	8	0,4	0,64	47,5	59,4	ВА51Г-31	380	100	63	1,35	10	85,05	630	5	64,173	356,5	427,8	6,8	95	АВРГ 3х35
Установка высокочастотная	60	0,7	0,64	203,7	254,7	ВА51-37	380	400	320	1,25	10	400	3200	25	254,66	1527,9	1833,5	5,7	220	АВРГ 3х120
Станок импульсный	40	0,7	0,64	135,8	169,8	ВА51-35	380	250	200	1,25	12	250	2400	15	169,77	1018,6	1222,3	6,1	220	АВРГ 3х120
Станок отрезной ножовочный	2,7	0,4	0,64	16,0	20,1	ВА51-25	380	25	25	1,35	7	33,75	175	3	21,658	120,3	144,4	5,8	47	АВРГ 3х10
Станок отрубной	5	0,65	0,64	18,3	22,9	ВА51-25	380	25	25	1,35	7	33,75	175	3	24,682	137,1	164,5	6,6	47	АВРГ 3х10
Кран-балка	12	0,5	0,64	57,0	71,3	ВА51Г-31	380	100	80	1,3	10	104	800	5	74,156	427,8	513,4	6,4	130	АВРГ 3х50

13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР

Окончание таблицы 38

Наименование оборудования	$P_n$ , кВт	$\cos(\varphi)$	$\eta$	$I_{длл}=I_{н.д.}$ , А	$I_{н.р.}$ , А	Тип ВА	$U_{н.а.}$	Номинальный ток, А		Кратность уставки		$I_{у(п)}$ , А	$I_{у(кз)}$ , А	$I_{откл.}$ , кА	$I_{н.р.}$	$I_p$	$I_0$	$K_0$	$I_{доп}$	Проводник
								$I_{н.а.}$	$I_{н.р.}$	$K_{у(тр)}$	$K_{у(эмр)}$									
<b>Сварочное отделение</b>																				
Манипулятор сварочный	41,7	0,50	0,51	248,8	310,9	ВА51-37	380	400	320	1,25	10	400	3200	25	310,9	1865,6	2238,8	7	220	АВРГ 3x120
Преобразователь сварочный	30,0	0,75	0,51	119,3	149,1	ВА51-33	380	160	160	1,25	10	200	1600	12,5	149,1	894,8	1073,7	6,71	200	АВРГ 3x95
Ножницы гильотинные	7,0	0,65	0,51	32,1	40,2	ВА51-31	380	100	50	1,35	7	67,5	350	5	43,4	240,9	289,1	5,78	80	АВРГ 3x25
Вентилятор	20,0	0,8	0,51	74,6	93,2	ВА51-31	380	100	100	1,25	10	125	1000	6	93,2	559,2	671,1	6,71	130	АВРГ 3x50
Кран-балка	12,0	0,5	0,51	71,6	89,5	ВА51-31	380	100	100	1,25	10	125	1000	6	89,5	536,9	644,2	6,44	130	АВРГ 3x50
<b>Отделение металлоконструкций</b>																				
Аппарат сварочный	30	0,35	0,59	221,0	276,2	ВА51-31	380	400	320	1,25	10	400	3200	25	276,24	1657,4	1988,9	6,22	220	АВРГ 3x120
Вентилятор	7,5	0,80	0,59	24,2	30,2	ВА51-32-1	380	100	31,5	1,35	7	42,525	220,5	5	32,63	181,28	217,54	6,91	47	АВРГ 3x10
Вентилятор-калорифер	14	0,82	0,59	44,0	55,0	ВА51-32-1	380	100	63	1,35	7	85,05	441	5	59,425	330,14	396,16	6,29	95	АВРГ 3x35
Кран-балка	12	0,50	0,59	61,9	77,3	ВА51-32-3	380	100	80	1,35	7	108	560	7	83,534	464,08	556,89	6,96	130	АВРГ 3x50

13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР

# 11 БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

## Расчет заземления ГПП

Таблица 39- Исходные данные по расчету заземления подстанции

AxB	$U_{лэп}$	$L_{в.л}$	$U_{ном}$	$\rho$	t
50X40	110	3,5	10	200	0,6

Таблица 40 - Удельное сопротивление грунта ( $\rho$ )

Грунт	Торф	Глина, земля садовая	Чернозем	Суглинок	Каменистая почва	Супесь	Песок с галькой
, Ом * м	20	40	50	100	200	300	800

AxB – габариты подстанции (м)

$U_{в.н}$  - высокое напряжение (кВ)

$L_{к.л}$  – протяженность кабельных линий(км)

$U_{н.н}$ - низкое напряжение(кВ)

$\rho$ - удельное сопротивление грунта (Ом)

t - рекомендуемые диаметр электрода (м)

Климатический район – I

Вертикальный электрод – (50x50)  $L_{в} = 5$  м

Вид ЗУ – контурное

Горизонтальный электрод – полоса (40x4мм)

Таблица 41 – Коэффициенты сезонности  $K_{сез.в}$

Климатическая зона	Вид заземления		Дополнительные сведения
	вертикальный	горизонтальный	
I	2	3	4
I	1,9	5,8	Глубина заложения вертикальных заземлителей от поверхности земли 0,5...0,7м
II	1,7	4	Глубина заложения горизонтальных заземлителей 0,3...0,8м
III	1,5	2,3	
IV	1,3	1,8	







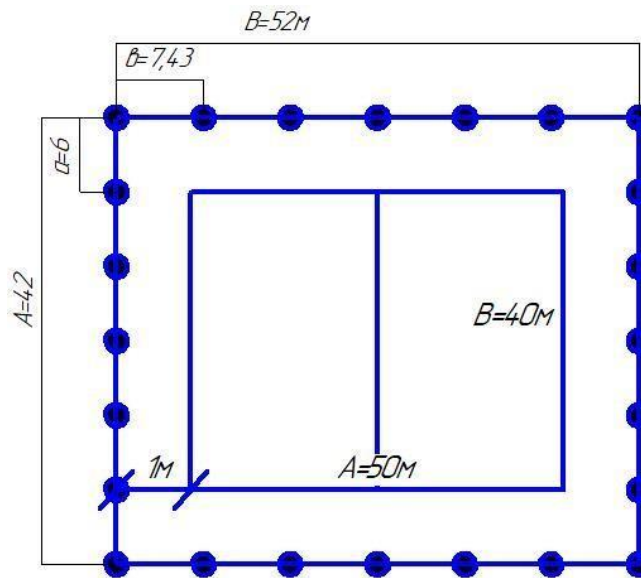


Рисунок 17 – Схема заземления подстанции.

$$\left(\frac{a}{L_B}\right)_{CP} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{a_B + a_A}{3}\right), \quad (11.10)$$

$$\left(\frac{a}{L_B}\right)_{CP} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{6 + 7.43}{3}\right) = 2,24$$

Таблица 42 – Уточняются коэффициенты использования

$N_B$	$\frac{a}{L}$						Дополнительные сведения
	1		2		3		
	$\eta_B$	$\eta_\Gamma$	$\eta_B$	$\eta_\Gamma$	$\eta_B$	$\eta_\Gamma$	
4	0,69/0,74	0,45/0,77	0,78/0,83	0,55/0,89	0,85/0,88	0,7/0,92	Числитель для контурного ЗУ, а знаменатель - для родного
6	0,62/0,63	0,4/0,71	0,73/0,77	0,48/0,83	0,8/0,83	0,64/0,88	
10	0,55/0,59	0,34/0,62	0,69/0,75	0,4/0,75	0,76/0,81	0,56/0,82	
20	0,47/0,49	0,27/0,42	0,64/0,68	0,32/0,56	0,71/0,77	0,45/0,68	
30	0,43/0,43	0,24/0,31	0,6/0,65	0,3/0,46	0,68/0,75	0,41/0,58	

$$\eta_B = F(\text{конт.}; 2,24; 24) = 0,68;$$

$$\eta_\Gamma = F(\text{конт.}; 2,24; 24) = 0,45.$$

Определяются уточненные значения сопротивлений вертикальных и горизонтальных электродов:

$$R_T = \frac{0,4}{L_\Pi \cdot \eta_\Gamma} \cdot \rho \cdot K_{\text{сез.з}} \cdot \lg \frac{2 \cdot L_\Pi}{b \cdot t}, \quad (11.11)$$

$$R_T = \frac{0,4}{188 \cdot 0,45} \cdot 200 \cdot 5,8 \cdot \lg \frac{2 \cdot 188^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6} = 35,4 (\text{Ом}),$$

$$R_B = N \frac{r_B}{B \cdot \eta_B}, \quad (11.12)$$



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте была спроектирована система электроснабжения группы цехов тракторного завода. Были определены расчетные мощности предприятия. Выбрана система внешнего электроснабжения на основе технико-экономического расчета двух вариантов электроснабжения 35 кВ и 110 кВ. Спроектирована система внутреннего электроснабжения предприятия. Выбрано электрооборудование системы электроснабжения, в том числе комплектные конденсаторные установки для компенсации реактивной мощности. Проведен выбор релейной защиты кабельной линии и трансформаторной подстанции, рассчитано заземление ОРУ ГПП .

					13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93



10. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – 2-е изд., испр. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2008.- 214с., ил. – (Профессиональное образование).

11. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб. пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 448 с.

12. СТО 56947007-29.240.124-2012: Укрупнённые стоимостные показатели линий электропередачи и подстанций напряжением 35-1150 кВ.

					13.03.02.2018.271 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95