

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Южно-Уральский государственный университет»**  
**(национальный исследовательский университет)**  
**Политехнический институт**  
**Факультет Энергетический**  
**Кафедра «Электрические станции, сети и системы электроснабжения»**

**РАБОТА ПРОВЕРЕНА**

Рецензент, должность

\_\_\_\_\_ / И.О. Фамилия /

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой, д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_ / И.М. Кирпичникова /

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Энергоснабжение предприятия малого бизнеса

(наименование темы работы)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**ЮУрГУ – 13.03.02. 2018. 2710000. ВКР**

(код направления, год, номер студенческого)

**Руководитель, к.т.н., доцент**

\_\_\_\_\_ / Р.В. Гайсаров /

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**Автор**

**студент группы П – 478**

\_\_\_\_\_ / С.В. Демичев /

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**Нормоконтролер, должность**

\_\_\_\_\_ / Р.В. Гайсаров /

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**Челябинск 2018**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(национальный исследовательский университет)

Институт Политехнический  
Факультет Энергетический  
Кафедра Электрические станции, сети и системы электроснабжения  
Направление Электроэнергетика и электротехника

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_/И.М. Кирпичникова/  
\_\_\_\_\_  
2017 г.

ЗАДАНИЕ  
на выпускную квалификационную работу студента

Демичев Станислав Владимирович  
(Ф. И.О. полностью)  
Группа \_\_\_\_\_

1. Тема выпускной квалификационной работы

Энергоснабжение предприятия малого бизнеса

утверждена приказом по университету от \_\_\_\_\_ 20 г. № \_\_\_\_\_

2. Срок сдачи студентом законченной работы \_\_\_\_\_

3. Исходные данные к работе

В выпускной квалификационной работе рассматривается предприятие малого бизнеса, которое необходимо обеспечить источником электрической энергии. График работы предприятия 24 часа в сутки. Мощность трехфазного короткого замыкания на стороне 10кВ, МВА  $S_K=200$ . Потребляемая мощность предприятия и основные электроприемники прилагаются.



5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в листах формата А1)

Слайд №1 Энергоснабжение предприятия малого бизнеса; \_\_\_\_\_

Слайд №2 Цель выпускной квалификационной работы; \_\_\_\_\_

Слайд №3 Исходные данные; \_\_\_\_\_

Слайд №4 Расчет электрической нагрузки предприятия; \_\_\_\_\_

Слайд №5 Итоговые значения электрической нагрузки; \_\_\_\_\_

Слайд №6,7 Выбор основного оборудования; \_\_\_\_\_

Слайд №8 Общий вид объектов энергоснабжения предприятия; \_\_\_\_\_

Слайд №9 КТП; \_\_\_\_\_

Слайд №10 Мини ТЭЦ \_\_\_\_\_

Слайд №11 Электрическая схема электроснабжения предприятия; \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Всего \_\_\_ листов

6. Консультанты по работе, с указанием относящихся к ним разделов работы

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал (консультант)	Задание принял (студент)

7. Дата выдачи задания \_\_\_\_\_

Руководитель \_\_\_\_\_

(подпись)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_

(подпись студента)

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении руководителя
Определение нагрузки предприятия	26.02.18-07.03.18	
Разработка структурной схемы	13.03.18-26-03.18	
Выбор основного оборудования	30.03.18-9.04.18	
Разработка КТП 10/0,4кВ	25.04.18-14.05.18	
Выбор оборудования РУ	14.05.18-16.05.18	
Автоматическая система управления ГПУ	16.05.18-30.05.18	
Безопасность жизнедеятельности	30.05.18-05.06.18	

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ /И.М. Кирпичникова/

Руководитель работы \_\_\_\_\_ / Р.В.Гайсаров /

Студент \_\_\_\_\_ /С.В.Демичев/

## АННОТАЦИЯ

Демичев С. В. «Энергоснабжение предприятия малого бизнеса»– Челябинск: ЮУрГУ, 2018, 55 страниц, 3 иллюстрации, 19 таблиц. Библиография литературы – 11 наименований.

Выпускная квалификационная работа является завершающим этапом обучения. Ее основной целью является проверка качества знаний приобретенных во время обучения .

В основной части работы рассмотрен выбор основного оборудования для предприятия. По результатам произведенных расчетов разработана комплектная трансформаторная подстанция, где была выбрана ее принципиальная схема, выбран трансформатор и остальное оборудование.

В библиографическом списке указан перечень используемой нормативно-технической, справочной и учебной литературы.

При выполнении выпускной квалификационной работы были использованы такие программы как: Microsoft Word, ToKo, Mathcad, Microsoft Excel, Microsoft Visio.

					<i>П-4 78.01.38.00.00 ПЗ КП</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Демичев С.В.</i>			<i>Энергоснабжение предприятия малого бизнеса</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Гайсаров Р.В.</i>					5	55
<i>Н. Контр.</i>		<i>Гайсаров Р.В.</i>				<i>ЮУрГУ Кафедра ЭССиСЭ</i>		
<i>Утверд.</i>		<i>Горшков К.Е.</i>						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ ПРЕДПРИЯТИЯ .....	9
2. ВЫБОР ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ МИНИ-ТЭЦ .....	16
3. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ .....	20
4. РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКТНОЙ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ 10/0,4КВ .....	21
5. РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ .....	23
6. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА .....	25
7. АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГПУ .....	36
8. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	42
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	43
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	44

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

## ВВЕДЕНИЕ

Существует предприятие, которое имеет дешевый источник природного газа. Данный потребитель хочет использовать дешевый источник природного газа в качестве топлива, чтобы сократить свои затраты на покупку электроэнергии из общей энергосистемы. Для этого руководство предприятия хочет установить мини-тэц, которые должны обеспечить выработку требуемого количества электроэнергии.

Мини-ТЭЦ - это электростанции с комбинированным производством электричества и тепловой энергии. Использование в практических целях отработавшего тепла силовых агрегатов электростанций, является отличительной особенностью мини-ТЭЦ и носит название когенерация (теплофикация).

Главная особенность и преимущество мини-ТЭЦ в том, что они размещаются в непосредственной близости от потребителей энергии. При таком расположении экономятся значительные средства из-за отсутствия передачи — транспортировки энергии. Близость мини-ТЭЦ к тепловым сетям также является немаловажным финансовым фактором. Диапазон электрической мощности мини-ТЭЦ достаточно широк и не имеет определенных значений: от 100 кВт до 50 МВт.

В мини-ТЭЦ используются электросиловые агрегаты следующих типов:

- газопоршневые;
- газотурбинные;
- микротурбинные;

Мини-ТЭЦ состоит из следующих основных узлов и агрегатов:

- силовая установка (двигатель) генератора;
- сам генератор, в зависимости от типа он может вырабатывать постоянный или переменный ток;
- специальные котлы, позволяющие утилизировать отработанные газы;
- теплообменники и радиаторные установки, которые способствуют сбору и переработке тепла системы охлаждения двигателя;
- технологически необходимые катализаторы;
- различные системы управления выработки энергии и тепла, а также контроля за работой всего оборудования.

Мини-ТЭЦ, также могут оснащаться системами автоматической работы, и системами удаленного контроля, что позволяет ей работать совершенно автономно, а также другим дополнительным оборудованием.

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



Мини-ТЭЦ, без сомнения имеет ряд достоинств, позволяющих обеспечивать высокую экономическую эффективность выработки электроэнергии и тепла, а именно:

- достаточно низкая, по сравнению с другими типами электростанций, стоимость вырабатываемой электроэнергии, а также тепла или холода;
- очень широкий выбор различных технологических схем, позволяющих создавать мини-ТЭЦ, ориентируясь на нужды каждого конкретного региона потребления её продукции;
- в силу технологической и инженерной простоты, мини-ТЭЦ достаточно легко строить;
- оборудованные современными системами выработки электроэнергии, мини ТЭЦ отличаются экономичным расходом топлива, большим ресурсом работы её узлов и агрегатов, и, как следствие, быстрой окупаемостью.
- кроме того, современные мини-ТЭЦ обладают высокой степенью надежности и экологической безопасности.
- мини-ТЭЦ достаточно компактны, что позволяет устанавливать их в уже построенных зданиях, например в помещении функционирующей котельной.

#### Топливо для мини-ТЭЦ

- 1) газ: природный газ магистральный, природный газ сжиженный и другие горючие газы;
- 2) жидкое топливо: нефть, мазут, дизельное топливо, биодизель и другие горючие жидкости;
- 3) твердое топливо: уголь, древесина, торф и прочие разновидности биотоплива;

Наиболее эффективным и недорогим топливом является магистральный природный газ, который и будет использоваться на проектируемой мини-тэц.

В связи со сказанным выше, темой моей выпускной квалификационной работы является «Энергоснабжение предприятия малого бизнеса»

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

## 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Для определения нагрузки предприятия необходимо рассчитать полную и активную мощность каждого электроприемника. Расчет полной и активной мощности электроприемников производился по документу «Указания по расчету электрических нагрузок РТМ 36.18.32.4-92»

По учебнику «Б.И Кудрин Электроснабжение промышленных предприятий » определен коэффициент использования, а также коэффициент мощности для некоторых групп электроприемников.

Таблица 1. Электроприемники предприятия

Наименование оборудования	Название эл.оборудования	Кол-во шт	Максимальное Потребление активной мощности, кВт	Фактическое потребление активной мощности, кВт	Суммарное потребление активной мощности кВт	График работы, ч	cosφ
станок J 213В	Эл.двигатель	5	7,5	3,58	17,9	24	0,65
станок J 213В	Нагреватель	16	2,5	1,5	24	24	0,65
станок J 213В	Эл.печь	3	18	9	27	24	0,95
станок J 213В	Газ.горелка	8	0,18	0,18	1,44	24	0,65
Голтовка	Эл.двигатель	5	3	0,3	1,5	24	0,65
Компрессор	Эл.двигатель	6	4	2	12	24	0,82
Вент.система№1	Эл.двигатель	3	5,5	3,3	9,9	24	0,92
Вент.система№2	Эл.двигатель	1	5,5	3,3	3,3	24	0,92
Вент.система№3	Эл.двигатель	1	2,2	1,2	1,2	3	0,92
Вент.система№4	Эл.двигатель	1	5,5	3,3	3,3	24	0,92
Вент.система№5	Эл.двигатель	1	4	2,2	2,2	12	0,92
Доп.приточка	Эл.двигатель	1	11	9,68	9,68	24	0,92

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Освещение №1	Лампы эн.сбер.	12	0,105	0,105	0,105	24	
Освещение №2	Лампы литъев.	22	0,036	0,036	0,036	10	
Чиллер	Эл.двигатель	1	18,8	18,8	18,8	24	0,95
Чиллер	Эл.двигатель	1	18,8	10,8	10,8	24	0,95
Шлифовально-зачистной стан.	Эл.двигатель	1	0,75	0,75	0,75	5	0,65
Алюмин.станок	Эл.двигатель	2	3,6	3,6	3,6	5	0,65
Печь алюмин.	Спирали	1	66,5	20	20	5	0,95
Сатурн №1	Эл.двигатель	1	18,5	8,4	8,4	24	0,95
Сатурн№2	Эл.двигатель	1	15	4,5	4,5	24	0,95
Сатурн №3	Эл.двигатель	1	15	4,5	4,5	План.за ск	0,95
Сатурн №4	Эл.двигатель	1	15	4,5	4,5	План.за ск	0,95
Токарный станок	Эл.двигатель	1	10	10	10	2	0,65
Резьбо-нарез станок Автомат	Эл.двигатель	2	0,75	0,75	1,5	7	0,65
Резьбо-нарезной Станок ручной	Эл.двигатель	2	0,37	0,37	0,74	7	0,65
Станок запрессовке роликов	Эл.двигатель	2	0,42	0,42	0,84	7	0,65
Компьютеры		10	1,1	1,1	11	5	
Кондиционеры		6	1	1	6	600	
Освещение офис	Лампы Литьевые	72	0,018	0,018	1,296	5	
Освещение гальванике	Лампы Литьевые	12	0,036	0,036	0,432	24	
Освещение склад	Лампы Литьевые	6	0,025	0,025	0,15	5	
Пружинно-навивочный станок	Эл.двигатель		1,5	1,5	1,5	12	0,65

					13.03.02.2018.271 ПЗ		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			10

Высечной станок	Эл.двигатель	1	12	6	6	12	0,65
Пресс для ТБО	Эл.двигатель	1	1,5	1,5	1,5	0,2	0,65
Приточная вентиляция	Эл.двигатель	1	5,5	4,25	4,25	24	0,82
Кулер	Эл.двигатель	1	0,068	0,068	0,068	5	

Таблица 2 – Коэффициенты использования, мощности для некоторых групп электроприемников

Электроприемник	$K_{и}$	$\cos \varphi$
Вентилятор и насос, работающие непрерывно	0,65	0,82
Дробилка конусная Крупного и среднего дробления	0,62	0,67
Конвейер ленточный	0,58	0,75
Дымосос и газодувка	0,90	0,92
Станок универсального назначения для механической обработки металла	0,16	0,65
Печи сопротивления, нагревательные аппараты и ванны, сушильные камеры	0,55	0,95

После определения коэффициента использования было рассчитано эффективное число электроприемников, которое определяется по формуле:

$$n_{э} = \frac{(\sum P_H)^2}{\sum n \cdot p_H^2}, \quad (1)$$



$n_э$	Коэффициент использования $K_u$								
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
40	1,4	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
45	1,35	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
50	1,3	1,07	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
60	1,25	1,03	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
70	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
80	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
90	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

После того как был определен коэффициент расчетной нагрузки, произведен расчет активной, реактивной и полной мощности

Активная мощность определяется по формуле:

$$P_p = K_p \cdot K_u \cdot P_H, \quad (2)$$

Где  $P_p$ —активная расчетная мощность электроприемника в кВт;

$K_u$ —коэффициент использования;

$K_p$ —коэффициент расчетной нагрузки;

В качестве примера для расчета используем станок J213B(эл.двигатель) данные для расчета берем из таблицы 1.

По формуле (2) рассчитаем активную мощность:

$$P_p = 1,72 \cdot 0,16 \cdot 17,9 = 4,926 \text{ кВт}$$

Реактивная мощность определяется по формуле:

При  $n_э \leq 10$ ;

$$Q_p = 1,1 \cdot K_u \cdot P_H \cdot tg_{\varphi}, \quad (3)$$

При  $n_э > 10$ ;

$$Q_p = K_u \cdot P_H \cdot tg_{\varphi}, \quad (4)$$

По формуле (4) рассчитаем реактивную мощность:

$$Q_p = 1,1 \cdot 0,16 \cdot 17,9 \cdot 1,169 = 3,683 \text{ кВАр}$$

Полная мощность определяется по формуле :

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (5)$$

По формуле (5) рассчитаем полную мощность:

$$S_p = \sqrt{4,926^2 + 3,683^2} = 6,151 \text{ кВА}$$

Расчетный ток электроприемника определяется по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (6)$$

$U_H$  – номинальное напряжение

По формуле (6) рассчитаем ток:

$$I_p = \frac{6,151}{\sqrt{3} \cdot 380} = 0,0182 \text{ А}$$

Для остальных электроприемников расчет аналогичен. Полученные данные представлены в таблице 4.

Таблица 4. Расчет электрических нагрузок

Исходные данные					Расчетные величины		Расчетная мощность			Расчетный ток $I_p$
Наименование ЭП	Кол-во ЭП, шт.,п	Ном.уст. мощность		По справочным данным	Эффективное число ЭП $n_p$	Коэффициент расчетной нагрузки $K_p$	Активная $P_p$	Реактивная $Q_p$	Полная $S_p$	
		Одного ЭП $P_n$	Общая $P_n$							Коэффициент использования $K_u$
Станок J213В(двиг)	5	3,58	17,9	0,16	5	1,72	4,926	3,683	6,15	0,182
Станок J213В(нагреватель)	16	1,5	24	0,16	16	1,23	4,723	4,489	6,51	0,193
станок J213В(эл.печь)	3	9	27	0,55	3	1,27	18,86	5,369	19,6	0,581
Станок J213В(газовая горелка)	8	0,18	1,44	0,16	8	2,37	0,341	0,296	0,45	0,013
Голтовка(двиг)	5	0,3	1,5	0,16	5	1,72	0,355	0,309	0,47	0,014
Компрессор	6	2	12	0,65	6	1,01	7,878	5,989	9,89	0,293
Вент.система№ 1(двиг)	3	3,3	9,9	0,9	3	1	8,91	4,175	9,84	0,291
Вент.система№ 2(двиг)	1	3,3	3,3	0,9	1	1	2,97	1,392	3,28	0,097
Вент.система№ 3(двиг)	1	1,2	1,2	0,9	1	1	1,08	0,506	1,19	0,035
Вент.система№ 4(двиг)	1	3,3	3,3	0,9	1	1	2,97	1,392	3,28	0,097
Вент.система№ 5(двиг)	1	2,2	2,2	0,9	1	1	1,98	0,928	2,18	0,065
Доп.приточка	1	9,68	9,68	0,9	1	1	8,72	4,082	9,6	0,285
Чиллер цам	1	18,8	18,8	0,55	1	1,33	13,7	3,7	14,2	0,4

Чиллер тпа	1	10,8	10,8	0,55	1	1,33	7,9	2,14	8,18	0,242
Шлиф.зач.ст.	1	0,75	0,75	0,16	1	4	0,48	0,15	0,5	0,015
Алюм.стан.	2	3,6	7,2	0,16	2	3,39	3,9	1,48	4,17	0,124
Печь алюмин.	1	33,5	33,5	0,55	1	1,33	24,5	6,66	25,3	0,752
Сатурн №1	1	8,4	8,4	0,55	1	1,33	6,14	1,67	6,36	0,189
Сатурн №2	1	4,5	4,5	0,55	1	1,33	3,29	0,89	3,41	0,101
Сатурн №3	1	4,5	4,5	0,55	1	1,33	3,29	0,89	3,41	0,101
Сатурн №4	1	4,5	4,5	0,55	1	1,33	3,29	0,89	3,41	0,101
Токарн.стан.	1	10	10	0,16	1	4	6,4	2,05	6,72	0,199
Резьб.нар.ст.А	2	0,75	1,5	0,16	2	2	0,81	0,3	0,87	0,026
Резьб.нар.ст.Р	2	0,37	0,74	0,16	2	2	0,4	0,15	0,42	0,013
Стан.для запр.	2	0,42	0,84	0,16	2	2	0,45	0,17	0,48	0,014
Пружин.нав.	1	1,5	1,5	0,16	1	1	0,96	0,3	1	0,03
Высеч.стан.	1	6	6	0,16	1	1	3,84	1,23	4,03	0,119
Пресс для тбо	1	1,5	1,5	0,16	1	1	0,96	0,3	1	0,03
Приточн.вент.	1	4,25	4,25	0,65	1	1	3,14	2,12	3,79	0,112

Итоговые значения нагрузки представлены в таблице 5.

Таблица 5. Итоговые значения нагрузки.

Активная мощность $P_p$	Реактивная мощность $Q_p$	Полная мощность $S_p$
150кВт	57 кВАр	160 кВА

По рассчитанным значениям нагрузки , далее будет произведен выбор источников питания электропотребителей.

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15



## 2. ВЫБОР ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ МИНИ-ТЭЦ

При выборе газопоршневых установок нужно учитывать: надежность каждой установки, стоимость ее обслуживания. В таблице 6 представлены возможные варианты газопоршневых установок, которые могут быть использованы в качестве основных источников питания.

Таблица 6. Возможные варианты установок ГПУ

Варианты ГПУ	Количество ГПУ,шт	Мощность ГПУ ,кВт	
Вариант №1	1	160	
Вариант №2	2	80	80

При выборе мощности и количества ГПУ был учтен опыт внедрения и эксплуатации газопоршневых мини-ТЭЦ в санатории «Красноусольск» и «Янгатау». Также нужно учитывать периодичность технического обслуживания, которая составляет каждые 700-750 часов работы, а также ремонтные работы которые могут проводится на ГПУ. Следовательно если принять вариант №1 к установке, то потребителю на время проведения планового технического обслуживания и ремонтных работ, придется покупать электроэнергию из общей энергосистемы. Таким образом, вариант №1 не подходит для эксплуатации. При рассмотрении вариантов №2, также был учтен опыт эксплуатации ГПУ в санаториях «Янгатау» и «Красноусольск», также во внимание были приняты основные причины отказов представленные в таблице 7.

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Таблица 7. Основные дефекты и повреждения ГПА-ТЭЦ

Дата повреждения	Наименование поврежденного узла.	Срок устранения
<b>ГПА-ТЭЦ «Красноусольск» с агрегатами «Йенбахер»</b>		
Сентябрь 2001 г	Повреждение радиатора при транспортировке.	Замена в январе 2002 г
Ноябрь 2001 г.	Отказ датчика детонации. Отказ компьютера операционной системы.	Замена в течение 72 часов
Февраль 2002 г.	Износ узла крепления теплообменника Износ хомута крепления трубопровода масла.	Изготовлены новые
12.03.02 г.	Трещина компенсатора трубопровода сетевой воды внутри контейнера. Отказ электродвигателя вентилятора охлаждения катушек. Отказ блоков контроллера	Замена в течение 300 часов.
Март 2002 г.	Отказ термодатчика; Отказ датчика детонации.	Замена в течение 288 часов
Апрель 2002 г.	Отказ компьютера операционной системы.	Замена в течение 336 часов
18.05.02 г.	Порыв мембран регуляторов давления газа из-за отказа предохранительного клапана.	Замена в течение 1440 часов
03.08.02 г.	Деформация воздухоподводящих труб вследствие перегрева.	Ремонт в течение 72 часов.
27.03.03 г	Отказ датчика частоты вращения.	Замена в течение 160 часов.
<b>ГПА-ТЭЦ «Янгантау» с агрегатами « Вяртсиля»</b>		
Февраль 2002 г.	Повреждения, выявленные при наладке: вспом. насосы (2 шт); трехходовые клапаны (2 шт); аккумуляторная батарея; датчик загазованности;	Замена в течение 720 часов.
12.05.02 г.	Повреждение проходного изолятора.	Замена в течение 720 часов.
14.07.02 г.	- блок контроллера;- электрообогреватель маслованны;	Замена в течение 240 часов.

04.09.02	Разрушение турбоагнетателя агрегата ~ 1	Замена в течение 1200 часов.
10.12.02 г.	Повреждение цилиндра ~ 10 ГПА ~ 1	Замена в течение 2760 часов.
17.12.02 г.	Появление охлаждающей жидкости в цилиндр ~ 4,5	Замена прокладок
15.02.03 г.	Повреждение цилиндра ~ 15 ГПА ~ 2	Замена в течение 1560 часов
06.07.03 г	Отказ блока карбюрации Teckjet ГПА ~1	Ремонт в течение 480 часов
07.07.03 г.	Прогар клапана цилиндра ~8 ГПА ~ 2	Ремонт в течение 850 часов.

Из таблицы 7 видно, что периодически возникали дефекты и повреждения на одном из двух установленных агрегатов. Так как в санаториях было установлено по 2 агрегата одинаковой мощности, это позволило в случае выхода одного из агрегатов, второй мог обеспечить выработку половины требуемой мощности. С учетом этого, а также с учетом экономии обслуживания агрегатов, выбраны две газопоршневые установки мощностью 80 кВт соответственно. Технические параметры газопоршневых установок приведены в таблице 8.

Таблица 8. Технические данные ГПУ

Технические характеристики ГПУ MAN E0836TE312	
Мощность номинальная, кВт	80
Частота вращения, об/мин	1500
Количество и расположение цилиндров	6L
Диаметр/ход поршня, мм	108/125
Степень сжатия	13
Расход газа при 100%-й нагрузке, м <sup>3</sup> /ч	21,6
Температура выхлопных газов, °С	580
Расход масла на угар, г/кВт·ч	0,4
Габариты(Д·Ш·В, мм)	1090· 740 · 930
Вес нетто(кг)	520

Ниже приведены технические характеристики генераторов Leroy-Somer LSA 44.3 S4

Таблица 9. Технические характеристики генератора Leroy-Somer LSA 44.3 S4

Генератор Leroy-Somer LSA 44.3 S4	
Номинальное напряжение, кВт	0,4
Номинальная активная мощность, кВт	80
Коэффициент мощности(cos φ)	0,8
Номинальный ток, А	129
Индуктивное сопротивление X <sub>d</sub> , о.е.	0,125

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

$$S_{\Gamma} = \frac{P}{\cos(\varphi)} = \frac{80}{0,8} = 93,75 \text{ кВА} \quad (7)$$

Также необходимо учитывать, что часть выработанной энергии тратится на собственные нужды мини-тэц. Потребление собственных нужд электростанции в этом случае 2,5-3% от всей мощности, вырабатываемой от генератора.

$$S_{\text{CH}} = 0,03 \cdot S_{\Gamma} = 2,82 \text{ кВА}. \quad (8)$$

## 2.1 ВЫБОР ТРАНСФОРМАТОРА

Трансформатор служит для связи РУ10/0,4 кВ с энергосистемой. Через этот трансформатор передается мощность необходимая потребителю в случае ремонта или проведения технического обслуживания газопоршневой установки.

Для этого выбран трансформатор ТМГ-250 10/0,4 кВ

Таблица 10. Параметры выбранного трансформатора

Технические данные	
Номинальная мощность, кВА	250
Высокое напряжение, кВ	10
Низкое напряжение, В	400
Схема и группа соединения обмоток	Д/У <sub>Н</sub> -11
Потери КЗ, Вт	3700
Напряжение КЗ, %	4,5
Потери холостого хода, Вт	540
Частота, Гц	50
L, мм	1110
B, мм	835
H, мм	1110
Установочные размеры, мм	550 x 550
Масса масла, кг	205
Полная масса, кг	930
ПБВ	± 2 x 2,5%

### 3. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ

Проектируемая мини-тэц имеет две газопоршневых установки, которые работают на полную мощность, полностью обеспечивая потребителя необходимым количеством электроэнергии. В случае отказа или планового технического обслуживания газопоршневого агрегата, часть недостающей мощности будет использоваться из энергосистемы. Для этого, следует разработать схему с комплектной трансформаторной подстанцией, к которой подключается потребитель, два генератора, а также имеется связь с энергосистемой. Разработанная структурная схема представлена на Рисунке 1.

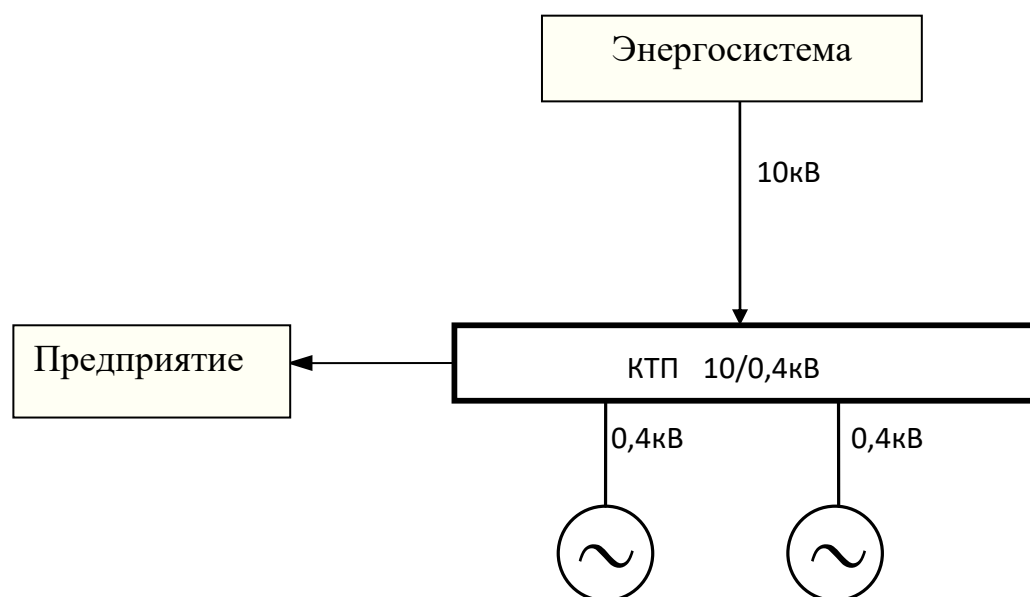


Рисунок 1- Структурная схема энергоснабжения предприятия.

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

#### 4. РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКТНОЙ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ 10/0,4кВ

При разработке комплектной трансформаторной подстанции 10/0,4кВ учтены 2 варианта обеспечения потребителя электроэнергией .

##### Вариант №1

Когда рассматриваемой системе энергоснабжения предприятия параллельно работают два агрегата мощностью 80 кВт и вырабатывают необходимую для потребителя мощность. Данная схема комплектной трансформаторной подстанции представлена на рисунке 3

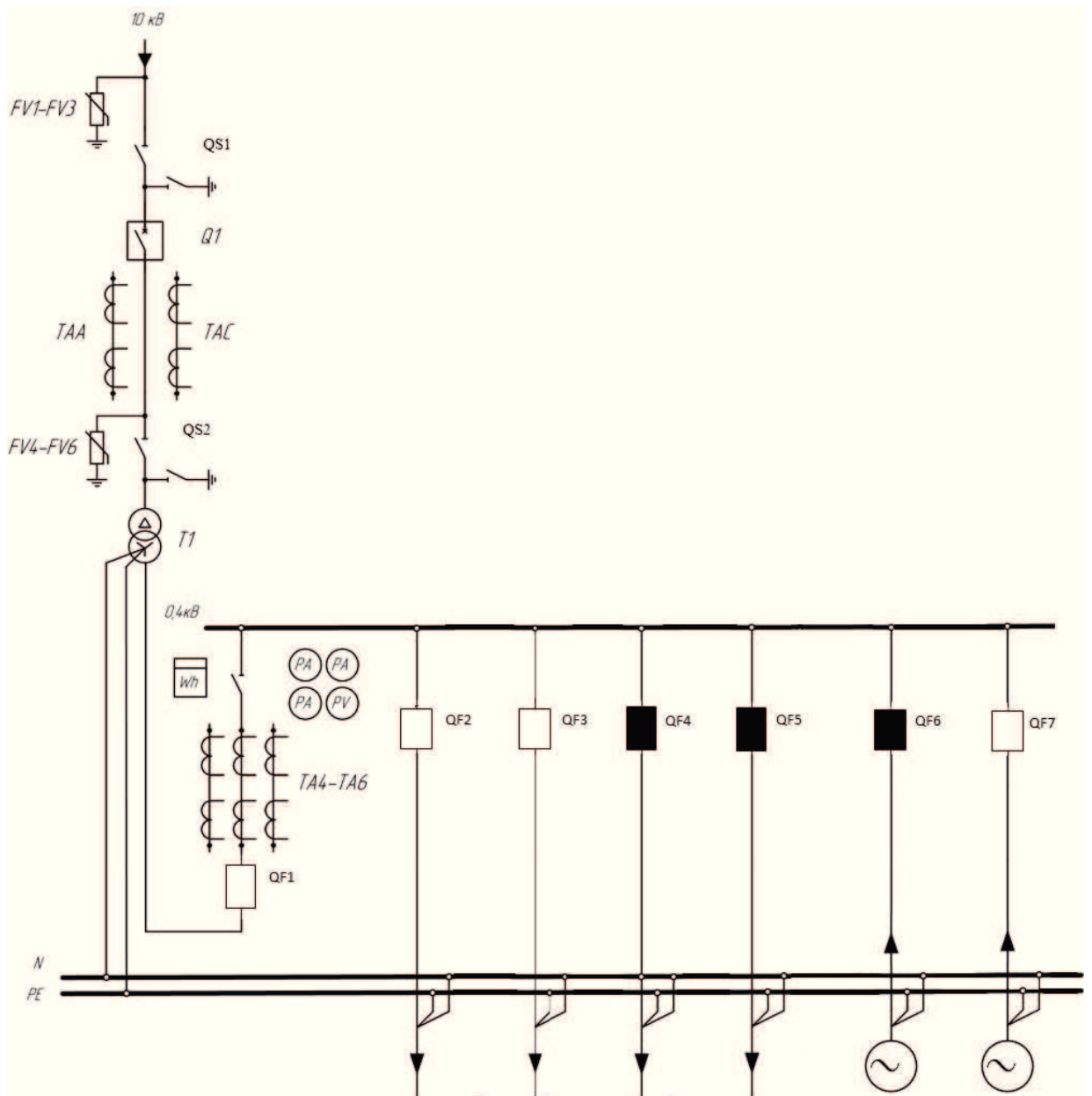


Рисунок 3. Схема КТП 10/0,4кВ при работе 2 агрегатов.

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

## Вариант №2

Когда в рассматриваемой системе энергоснабжения предприятия один или оба агрегата остановлены, для проведения планового технического обслуживания или ремонта и требуется обеспечить питание из энергосистемы. Схема представлена на Рисунке 4.

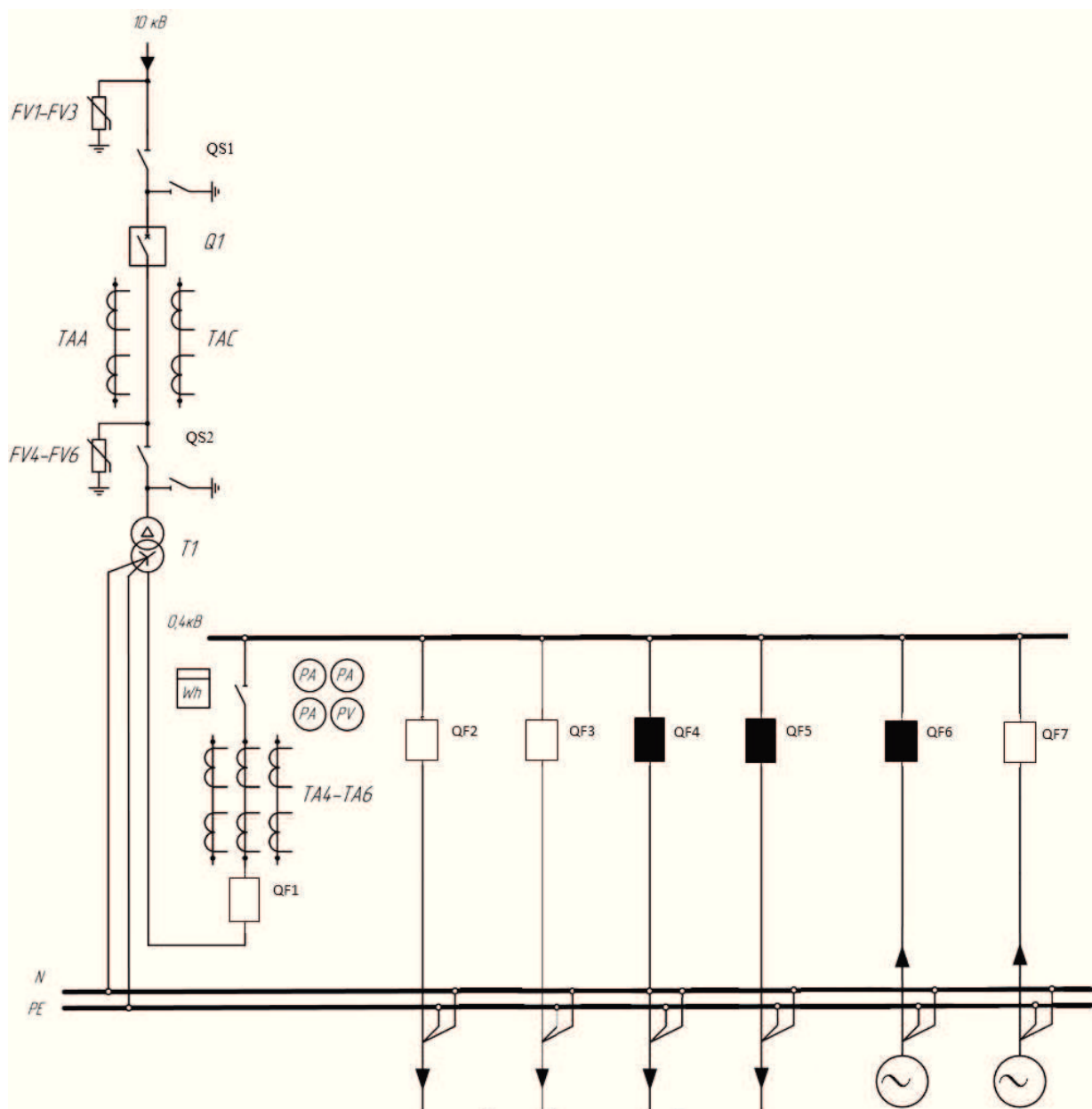


Рисунок 4. Схема КТП 10/0,4кВ при отключении одного из агрегатов и подключении питания от сети.

## 5. РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Расчет токов КЗ проводится при возможном КЗ на стороне высшего и низшего напряжения. На высоком напряжении оборудование выбирается по суммарному току КЗ, определенному на концах сборных шин.

С помощью программы «ТОКО» по схеме на рисунке 5 определяем величину периодической составляющей трехфазного короткого замыкания.

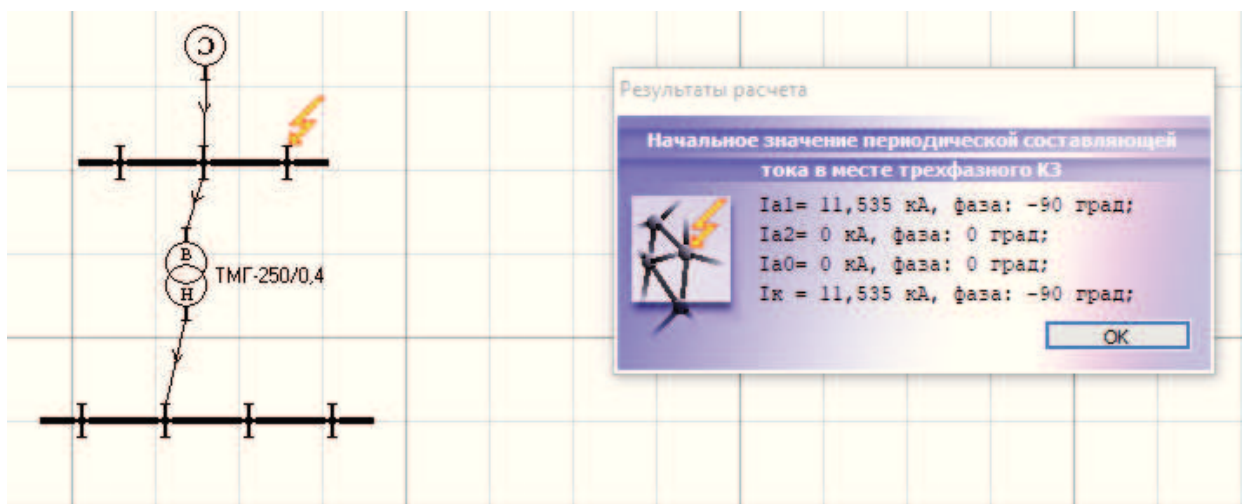


Рисунок 5. Трехфазное КЗ на шинах 10кВ при электроснабжении потребителя из энергосистемы

Значение  $I_{п.0}$  на шинах 10кВ принимает величину 11,5 кА.

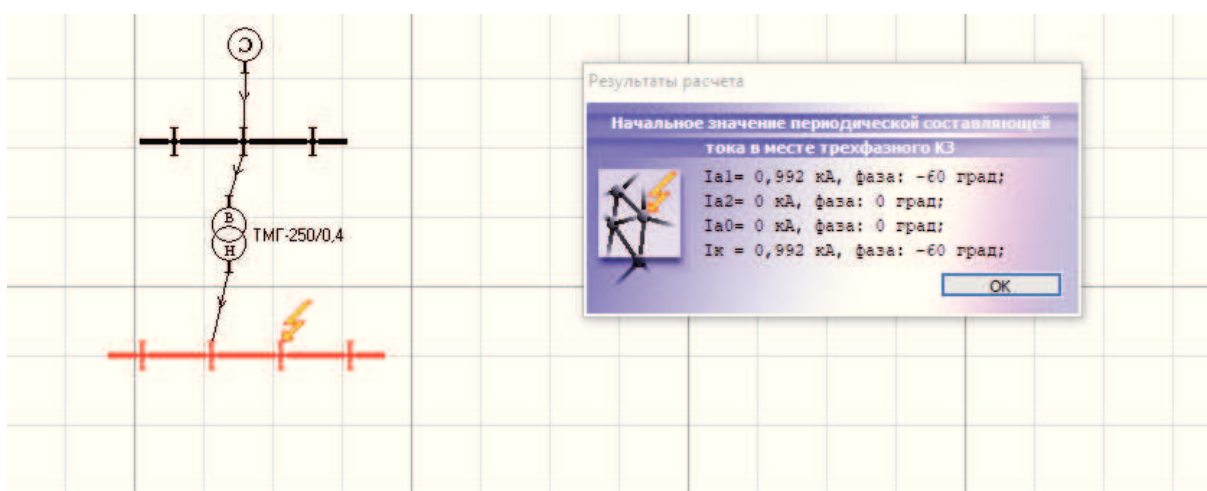


Рисунок.6 Трехфазное КЗ на шинах 0,4кВ при электроснабжении потребителя из энергосистемы. Значение  $I_{п.0}$  на шинах 0,4 кВ принимает величину 0,992 кА



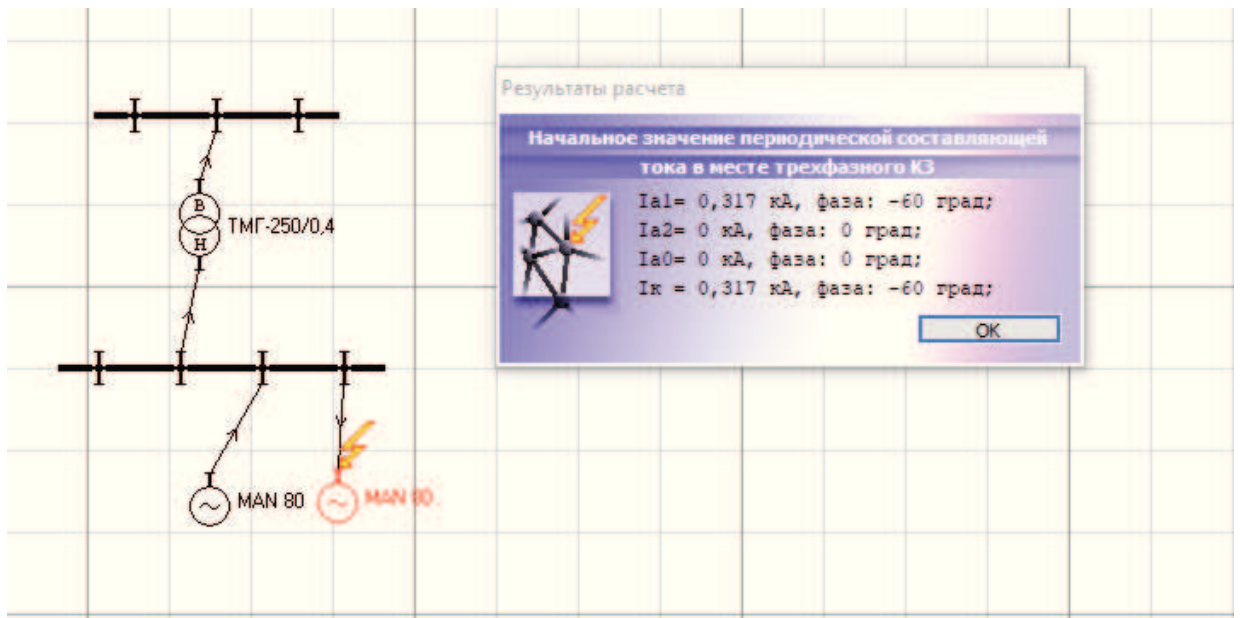


Рисунок 7. Трехфазное КЗ на выводах генератора.

В этом случае  $I_{п.0} = 0,317 \text{ кА}$

## 6. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Все выключатели и разъединители в РУ 10/0,4 кв выбираются одинаковые для каждой из цепей по наибольшему току в длительном режиме.

Расчет наибольшего тока производится по формуле:

$$I_{\text{нор.ВН}} = \frac{S_{\text{ном.Т}}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 14,43 \text{ А} \quad (9)$$

Ток на низкой стороне трансформатора будет отличаться на коэффициент трансформации, поэтому нужно определить коэффициент трансформации.

$$K_T = \frac{U_{\text{номВН}}}{U_{\text{номНН}}} \quad (10)$$

где  $K_T$ -коэффициент трансформации трансформатора.

Полученное значение коэффициента трансформации подставим в формулу:

$$I_{\text{норНН}} = I_{\text{нор.ВН}} \cdot K_T = 14,43 \cdot 25 = 0,360 \text{ кА} \quad (11)$$

Ток протекаемый в цепи генератора, определим по формуле:

$$I_{\text{ген}} = \frac{S_{\text{ном.ген.}}}{\sqrt{3} * U_H} = \frac{80}{\sqrt{3} * 380} = 0,122 \text{ кА}$$

Ток проходящий в отходящих линиях определим по формуле:

$$I_{\text{лин}} = \frac{S_{\text{ном.}}}{\sqrt{3} * U_H} = \frac{75}{\sqrt{3} * 380} = 0,114 \text{ кА}$$

Номинальное напряжение  $U_{\text{ном}}=10$  кВ. Номинальный длительный ток  $I_{\text{max}}=14,43$  А. Начальная периодическая составляющая тока трехфазного короткого замыкания  $I_{\text{п.0}}=11,535$  кА.

6.1 Под данные параметры выбирается выключатель таблица 11

Таблица 11 – Параметры выключателя ВВ/TEL-10-20/630.

Номинальное напряжение $U_H$ , кВ	10
Номинальный ток $I_H$ , А	630
Номинальный ток отключения $I_{\text{ном.откл}}$ , кА	20
Собственное время отключения $t_{\text{откл}}$ , с	0,045
Полное время отключения $t_{\text{полн}}$ , с	0,055
Относительное содержание аperiodической составляющей $\beta$ , %	40
Наибольший пик сквозного тока КЗ $i_{\text{пр}}^{\text{СКВ}}$ , кА	51
Наибольший пик тока включения $i_{\text{вкл}}$ , кА	51

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Начальное действующее значение периодической составляющей сквозного тока КЗ $I_{пр}^{СКВ}$ , кА	20
Начальное действующее значение периодической составляющей тока включения $I_{вкл}$ , кА	20
Ток термической стойкости $I_{терм}$ , кА	20
Время протекания тока термической стойкости $t_{терм}$ , с	3

Проводится проверка выключателя:

- по номинальным параметрам:

$$I_H > I_{max};$$

$$U_H > U_{ном.}$$

- по отключающей способности:

$$I_{ном.откл} > I_{п0};$$

$i_{a.н} > i_{a.т}$  – аperiodическая составляющая тока КЗ.

$$i_{aт} = \sqrt{2} * I_{п0} * e^{-\frac{t_{рза} + t_{откл}}{T_a}} = \sqrt{2} * 11,53 * e^{-\frac{0,055}{0,01}} = 0,181 \text{ кА}$$

$$i_{aн} = \sqrt{2} * I_{ном.откл} * \frac{\beta}{100} = \sqrt{2} * 20 * \frac{40}{100} = 11,314 \text{ кА,}$$

где  $t_{рза}$  – минимальное время срабатывания релейной защиты. Принимается равным 0,01 с;

$T_a$  - постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока короткого замыкания. Данная величина берется из справочников и для систем, связанных с шинами, где рассматривается к.з., воздушными линиями напряжением 10 кВ  $T_a=0,01$  с.

- по включающей способности:

$$i_{вкл} > i_y - \text{ударный ток КЗ;}$$

$$I_{вкл} > I_{п0}.$$

$$i_y = \sqrt{2} * I_{п0} * k_y = \sqrt{2} * 11,53 * 1,369 = 22,32 \text{ кА,}$$

где  $k_y$  – ударный коэффициент тока КЗ. Данная величина берется из справочников и для систем, связанных с шинами, где рассматривается к.з., воздушными линиями напряжением 110 кВ  $k_y=1,369$ .

- по электродинамической стойкости:

$$I_{пр}^{СКВ} > I_{п0};$$

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

$$i_{\text{пр}}^{\text{СКВ}} > i_{\text{у}}$$

– по термической стойкости:

$$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}} > B_{\text{к}} - \text{тепловой импульс тока КЗ.}$$

$$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}} = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ (кА)}^2 \cdot \text{с};$$

$$B_{\text{к}} = I_{\text{П0}}^2 \cdot (t_{\text{рз}} + t_{\text{полн}} + T_{\text{а}}) = 132,9 \cdot 0,165 = 21,9 \text{ (кА)}^2 \cdot \text{с},$$

где  $t_{\text{рз}}$  – время срабатывания релейной защиты. Принимается равным 0,1 с.

В таблице 12 сводим проверку выключателя по вышеупомянутым параметрам.

Таблица 12 – Проверка выключателя ВВ/TEL-10-20/630

	Выключатель	Сравнение по параметрам РУ
Ном. Напряжение, кВ	10	110
Номинальный ток, А	630	14,43
Номинальный ток отключения, кА	20	11,53
Полное время отключения, с	0,055	
Содержание апериодической составляющей, %	40	
Апериодическая составляющая тока, кА	11,34	0,181
Наибольший пик тока включения, кА	51	$i_{\text{в}}=23$
Номинальный ток включения, кА	20	11,53
Наибольший пик тока сквозной проводимости, кА	51	23
Номинальный ток сквозной проводимости, кА	20	11,53
Термическая стойкость, (кА) <sup>2</sup> с	1200	21,9

Выключатель ВВ/TEL-10-20/630 прошел проверку.

6.2 Выбор и проверку разъединителей проводим для тех же номинальных параметров токов и напряжения КТП 10 кВ.

Выбранный разъединитель РВ-10/630 с техническими характеристиками в таблице 13.

Таблица 13 – Характеристики разъединителя РВ-10/630.

Номинальное напряжение $U_{\text{Н}}$ , кВ	10
Номинальный ток $I_{\text{Н}}$ , А	630
Наибольший пик сквозного тока КЗ $i_{\text{пр}}^{\text{СКВ}}$ , кА	51
Начальное действующее значение периодической составляющей сквозного тока КЗ $I_{\text{пр}}^{\text{СКВ}}$ , кА	40
Ток термической стойкости $I_{\text{терм}}$ , кА	40
Время протекания тока термической стойкости $t_{\text{терм}}$ , с	3

Проводится проверка разъединителя:

- по номинальным параметрам:

$$I_H > I_{\max};$$

$$U_H > U_{\text{ном.}}$$

- по электродинамической стойкости:

$$I_{\text{пр}}^{\text{СКВ}} > I_{\text{ПЮ}};$$

$$i_{\text{пр}}^{\text{СКВ}} > i_y.$$

- по термической стойкости:

$$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}} > B_k$$

$$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}} = 40^2 \cdot 3 = 4800 \text{ (кА)}^2 \cdot \text{с.}$$

В таблицу 14 сводим проверку выключателя по вышеупомянутым параметрам.

Таблица 14. Проверка разъединителя РВ-10/630

Параметры	Разъединитель	Сравнение по параметрам РУ
Ном. Напряжение, кВ	10	10
Номинальный ток, А	630	14,43
Наибольший пик тока сквозной проводимости, кА	51	11,53
Номинальный ток сквозной проводимости, кА	40	23
Термическая стойкость, (кА) <sup>2</sup> с	4800	21,9

Разъединитель РВ-10/630 прошел проверку.

6.3 Выбираем трансформатор тока в цепь трансформатора.

Для данной цепи выбран трансформатор тока ТПОЛ-10-2. Этот трансформатор тока устанавливается для контроля величины силы тока.

Трансформаторы тока выбираются по номинальному напряжению и току:

$$I_H > I_{\max};$$

$$U_H > U_{\text{ном.}}$$

Затем проверяются на электродинамическую и термическую стойкость.

Выбранный трансформатор тока ТПОЛ-10-2 параметры представлены в таблице 15:

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 15. Технические характеристики ТПОЛ-10-2

Технические характеристики	
Номинальное напряжение,кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение,кВ	12
Номинальный первичный ток,А	20
Номинальный вторичный ток,А	5
Номинальная частота , Гц	50
Номинальная предельная кратность обмотки для защиты при номинальном первичном токе, А: 20А	16
Кратность трехсекундного тока термической стойкости при номинальном первичном токе,А :20А	38
Кратность ток электродинамической стойкости при номинальном первичном токе, А:20	96

Проверка на электродинамическую стойкость:

По условию  $i_y < i_{дин} \cdot i_y$

$$i_{дин} = \sqrt{2} \cdot K_{дин} \cdot I_{1ном} = \sqrt{2} \cdot 96 \cdot 20 = 2,7 \text{ кА}$$

$$I_{дин} \cdot I_y = 2,7 \cdot 22,32 = 60,2 \text{ кА}$$

Проверка на термическую стойкость:

$$(K_{тер} \cdot I_{ном1})^2 \cdot t_{тер} = (32 \cdot 20)^2 \cdot 3 = 7680 \text{ (кА)}^2 \cdot \text{с}$$

$$B_K < (K_{тер} \cdot t_{тер})^2 \cdot t_{тер}$$

#### 6.4 Выбор выключателя на низкой стороне трансформатора.

Выключатель выбирается по  $I_{п.0}=0,992$  кА – суммарный ток при КЗ на шинах РУ.

Выбран автоматический выключатель ВА57-35

Таблица 15. Параметры автоматического выключателя

Номинальное напряжение $U_H$ , кВ	0,4
Номинальный ток $I_H$ , А	250
Уставка срабатывания при кз, А	630
Собственное время отключения $t_{откл}$ , с	0,03
Полное время отключения $t_{полн}$ , с	0,055
Относительное содержание апериодической составляющей $\beta$ , %	40
Начальное действующее значение периодической составляющей сквозного тока КЗ $I_{пр}^{СКВ}$ , А	60
Начальное действующее значение периодической составляющей тока включения $I_{вкл}$ , А	60
Ток термической стойкости $I_{терм}$ , А	60
Время протекания тока термической стойкости $t_{терм}$ , с	3

Выбранный автоматический выключатель проверяется аналогично выключателю на высокой стороне трансформатора.

$$i_{ат} = \sqrt{2} \cdot I_{п0} \cdot e^{-\frac{t_{рза} + t_{откл}}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 0,992 \cdot e^{-\frac{0,04}{0,01}} = 0,026 \text{ кА}$$

$$i_{ан} = \sqrt{2} \cdot I_{ном.откл} \cdot \frac{\beta}{100} = \sqrt{2} \cdot 0,630 \cdot \frac{40}{100} = 0,356 \text{ кА}$$

По включающей способности:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot I_{п0} \cdot k_y = \sqrt{2} \cdot 0,992 \cdot 1,369 = 1,921 \text{ кА}$$

По термической стойкости:

$$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} = 60^2 \cdot 3 = 24300 \text{ (кА)}^2 \cdot \text{с};$$

$$V_k = I_{п0}^2 \cdot (t_{рз} + t_{полн} + T_a) = 0,984 \cdot 0,405 = 0,398 \text{ (кА)}^2 \cdot \text{с},$$

Таблица 16 – Проверка выключателя ВА57-35

	Выключатель	Сравнение по параметрам РУ
Ном. Напряжение, кВ	0,4	0,4
Номинальный ток, А	250	228
Уставка срабатывания при кз, А	630	992
Полное время отключения, с	0,055	
Содержание апериодической составляющей, %	40	
Наибольший пик тока сквозной проводимости, кА	60	1,9

										Лист
										30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2018.271 ПЗ					

Номинальный ток сквозной проводимости, кА	60	0,992
Термическая стойкость, (кА) <sup>2</sup> с	24300	0,398

Выключатель ВА57-35 прошел проверку.

### 6.5 Выбор трансформаторов тока.

Трансформаторы тока устанавливаются в цепях выключателей и питают измерительные и регистрирующие приборы для контроля работы генератора.

Выбранный трансформатор тока ТШП-0,66 300/5

Технические характеристики трансформатора представлены в таблице 17.

Таблица 17. Технические характеристики трансформатора ТШП-0,66 40/5.

Номинальное напряжение,кВ	0,66
Номинальный первичный ток, А	400
Номинальный вторичный ток, А	5
Номинальная частота, Гц	50
Класс точности	0,5
Кратность ток термической стойкости при номинальном первичном токе,400А	25

Проверка на термическую стойкость:

$$(K_{\text{тер}} \cdot I_{\text{ном1}})^2 \cdot t_{\text{тер}} = (25 \cdot 400)^2 \cdot 3 = 4,915 (\text{кА})^2 \cdot \text{с}$$

$$B_K < (K_{\text{тер}} \cdot t_{\text{тер}})^2 \cdot t_{\text{тер}}$$

Трансформатор тока питает следующие измерительные приборы:

- Три амперметра марки Э-42700;
- Счетчик активной мощности Меркурий 230 ART;

Считаем сопротивления приборов по потребляемой мощности прибора и номинальному вторичному току.

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_{2\text{ном}}^2} = \frac{S_V + 3 \cdot S_A + 2 \cdot S_{\text{ART}}}{I_{2\text{ном}}^2} = \frac{2,5 + 3 \cdot 0,5 + 2,5}{25} = 0,26 \text{ Ом}$$

$r_k=0,1$  Ом – сопротивление проводов при подключении более трех приборов.

$$r_2 = \frac{S_2}{I_{2\text{ном}}^2} = \frac{30}{25} = 1,2 \text{ Ом}$$

$S_2$  – мощность трансформатора тока.

$$r_{\text{пр}} = r_2 - r_{\text{приб}} - r_k = 1,2 - 0,26 - 0,1 = 0,84 \text{ Ом.}$$

По найденному сопротивлению проводов определим сечение этого провода:

						13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			31



$$q = \frac{\rho \cdot l_{\text{расч}}}{r_{\text{пр}}} = \frac{0,0283 \cdot 4}{0,84} = 0,135 \text{ мм}^2$$

Выбираем провод алюминиевый сечения 1,5 мм<sup>2</sup>.

#### 6.6 Выбор автоматического выключателя в цепи генератора.

Выключатель выбирается по  $I_{н.0}=0,317$  кА – суммарный ток при КЗ на шинах РУ.

Выбран автоматический выключатель ВА51-33

Технические данные выключателя представлены в таблице 18.

Таблица 18. Параметры выключателя ВА51-33

Номинальное напряжение $U_H$ , кВ	0,4
Номинальный ток $I_H$ , А	125
Максимальный ток тепловых расцепителей тока, А	160

#### 6.7 Выбор ограничителей перенапряжения

Ограничители перенапряжений нелинейные (ОПН) предназначены для использования в качестве основных средств защиты электрооборудования станций и сетей от грозовых и коммутационных перенапряжений. вольтамперной характеристикой варисторов. Микроструктура варисторов включает в себя кристаллы оксида цинка (полупроводник n – типа) и междукристаллической прослойки (полупроводник p – типа). Таким образом, варисторы на основе оксида цинка (ZnO) являются системой p – n переходов. Эти p – n переходы и определяют нелинейные свойства варисторов, то есть нелинейную зависимость величины тока, протекающего через варистор, от приложенного к нему напряжения. В нормальном рабочем режиме ток через ограничитель носит емкостной характер и составляет десятые доли миллиампера. При возникновении в сети перенапряжений сопротивление ОПН резко падает до единиц Ом, варисторы ограничителя переходят в проводящее состояние и ограничивают дальнейшее нарастание перенапряжения до уровня, безопасного для изоляции защищаемого электрооборудования, поглощая энергию импульса перенапряжения, которая преобразуется в тепловую энергию и затем рассеивается в окружающую среду. Когда волна перенапряжения проходит, ограничитель вновь возвращается в непроводящее состояние. Время перехода ограничителя в проводящее состояние составляет единицы наносекунд, что позволяет ОПН эффективно ограничивать высокочастотные перенапряжения

На стороне 10кВ выберем ограничитель перенапряжения ОПН/РВ-10/12,5

Технические данные ограничителя перенапряжения представлены в таблице 19.

Класс напряжения сети, кВ	0,4
Наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение, кВ	12,6
Номинальный разрядный ток 8/20 мкс, кА	5
Пропускная способность, А	150

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

## 6.8 Выбор электромагнитного контактора

Выбран электромагнитный контактор КТ-6023Б У3, 160А

Технические данные электромагнитного контактора представлены в таблице 19  
Таблица 20 Технические данные КТ-6023Б У3

Номинальный рабочий ток, $I_H$	160А
Номинальное рабочее напряжение, $U_H$	380В
Количество полюсов	3

## 6.9 Выбор трансформатора тока в цепь генератора

Выбранный трансформатор тока ТШП-0,66 150/5

Технические характеристики трансформатора представлены в таблице 21.

Таблица 21. Технические характеристики трансформатора ТШП-0,66 150/5.

Номинальное напряжение, кВ	0,66
Номинальный первичный ток, А	150
Номинальный вторичный ток, А	5
Номинальная частота, Гц	50
Класс точности	0,5
Кратность ток термической стойкости при номинальном первичном токе, 150А	25

Проверка на термическую стойкость:

$$(K_{\text{тер}} \cdot I_{\text{ном1}})^2 \cdot t_{\text{тер}} = (25 \cdot 150)^2 \cdot 3 = 4,219 \text{ (кА)}^2 \cdot \text{с}$$

$$B_K < (K_{\text{тер}} \cdot t_{\text{тер}})^2 \cdot t_{\text{тер}}$$

### 6.9.1 Выбор кабельных линий

Для передачи электрической энергии потребители на напряжении 0,4 кВ по двум линиям используются кабельные линии. Величину тока в одной линии в длительном режиме определяется по среднему току, проходящему при максимальной нагрузке потребителя и минимальной нагрузке:

$$I_{\text{max}} = \frac{S_H}{n \cdot U_H \cdot \sqrt{3}} = \frac{150}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 2} = 0,114 \text{ кА}$$

$$I_{\text{min}} = \frac{S_H^{\text{min}}}{n \cdot U_H \cdot \sqrt{3}} = \frac{75}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 2} = 0,057 \text{ кА}$$

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

$$I_{cp} = \frac{I_{max} + I_{min}}{2} = \frac{0,114 + 0,057}{2} = 0,086 \text{ кА}$$

Находим сечение токопроводящей медной жилы кабельной линии при плотности тока 1,6 А/мм<sup>2</sup>.

$$q_K = \frac{I_{cp}}{1,6} = 54 \text{ мм}^2$$

Берем ближайшее нормированное сечение: 70 мм<sup>2</sup>

### 6.9.2 Выбор токоведущих частей

Для передачи электроэнергии через трансформатор ТМГ-1000/10/0,4 к потребителю нужно выбрать токопровод. Сечение шины выбирается по длительно допустимому току. Для этих условий подходит однополосная алюминиевая шина 30x4мм<sup>2</sup> с длительно допустимым током  $I_{дл.доп} = 365\text{А}$ . Шины выбранного сечения смогут распределять мощность между потребителями.

Проверка по условию нагрева :

$$I_{max} = 360\text{А} \leq I_{дл.доп} = 365\text{А}$$

Далее проверка производится по условию:

$$S \geq S_{min} \quad (12)$$

где S – выбранное сечение в мм<sup>2</sup>;

$S_{min}$  – минимальное сечение провода отвечающего требованиям термической стойкости при коротком замыкании, мм<sup>2</sup>

Для определения  $S_{min}$  используем формулу :

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C} \quad (13)$$

где  $B_K$  -тепловой импульс выделяемый током короткого замыкания кА<sup>2</sup>·с;

C – функция, значение которой для алюминиевых шин равно  $91 \left[ \frac{\text{А} \cdot \text{с}^{1/2}}{\text{мм}^2} \right]$ .

Тепловой импульс был определен в пункте 6.4

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C} = \frac{\sqrt{0.398 \cdot 10^6}}{91} = 6,9(\text{мм}^2)$$

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Проверка выполнения условия (12)

$$S = 120\text{мм}^2 \geq S_{\min} = 6,9\text{мм}^2.$$

Условие выполняется, следовательно алюминиевая шина прошла проверку на термическую стойкость.

В КТП 10/0,4 кВ также имеются кабели, которые необходимо проверить на термическую стойкость. Имеющиеся кабели небольшой длины, то тепловой импульс будет такой же как и при коротком замыкании на шине 0,4кВ. По формуле (13)

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C} = \frac{\sqrt{0.398 \cdot 10^6}}{91} = 6,9(\text{мм}^2)$$

Условие (12) выполняется, следовательно кабели прошли проверку на термическую стойкость.

					<i>13.03.02.2018.271 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						35
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## 7. АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГПУ.

Управление газопоршневыми установками производится с помощью автоматической системы INTEL MAIN. Система подключается к трансформаторам тока на стороне 0,4 кВ. Данная система управления позволяет осуществлять контроль за выработкой электрической энергии газопоршневыми установками, путем отслеживания потребляемой мощности. В случае, когда нагрузка потребителя снижается, система путем считывания показаний, подает команду на блоки управления газопоршневыми агрегатами для снижения выработки мощности, чтобы не допустить выдачи мощности в общую энергосистему. Если газопоршневые установки не могут обеспечить выработку требуемой мощности, то система управления автоматически подключает дополнительный источник питания, в нашем случае дополнительным источником питания выступает энергосистема. Также система автоматического управления обладает следующими функциями:

- Контролирование показаний генератора;
- Возможность оценивания вероятности возникновения короткого замыкания;
- Регулирование тока возбуждения генератора;
- Осуществление контроля за синхронизацией генератора;
- Автоматический пуск и останов агрегатов;
- Интегрированный высокоточный регулятор частоты вращения;
- Контроль за температурой обмотки генератора;
- Контроль за температурой подшипников генератора;

INTEL MAIN существенно облегчает эксплуатацию газопоршневых установок путем контролирования основных параметров генератора, а также предотвращает возникновение каких-либо сбоев в работе генераторов.

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

## 8. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ:

1) Токоведущие части электроустановки не должны быть доступны для случайного прикосновения, а доступные прикосновению открытые и сторонние проводящие части не должны находиться под напряжением, представляющим опасность поражения электрическим током как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении изоляции.

2) Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:

- основная изоляция токоведущих частей;
- ограждения и оболочки;
- установка барьеров;
- размещение вне зоны досягаемости;
- применение сверхнизкого (малого) напряжения.

Для дополнительной защиты от прямого прикосновения в электроустановках напряжением до 1 кВ, при наличии требований других глав ПУЭ, следует применять устройства защитного отключения (УЗО) с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА.

3) Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- выравнивание потенциалов;
- двойная или усиленная изоляция;
- сверхнизкое (малое) напряжение;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

4) Меры защиты от поражения электрическим током должны быть предусмотрены в электроустановке или ее части либо применены к отдельным электроприемникам и могут быть реализованы при изготовлении электрооборудования, либо в процессе монтажа электроустановки, либо в обоих случаях.

Применение двух и более мер защиты в электроустановке не должно оказывать взаимного влияния, снижающего эффективность каждой из них.

5) Защиту при косвенном прикосновении следует выполнять во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 50 В переменного\* и 120 В постоянного тока\*.

В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках выполнение защиты при косвенном прикосновении может потребоваться при более низких напряжениях, например, 25 В переменного и 60 В постоянного тока или 12 В переменного и 30 В постоянного тока при наличии требований соответствующих глав ПУЭ.

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Защита от прямого прикосновения не требуется, если электрооборудование находится в зоне системы уравнивания потенциалов, а наибольшее рабочее напряжение не превышает 25 В переменного или 60 В постоянного тока в помещениях без повышенной опасности и 6 В переменного или 15 В постоянного тока - во всех случаях.

б) Для заземления электроустановок могут быть использованы искусственные и естественные заземлители. Если при использовании естественных заземлителей сопротивление заземляющих устройств или напряжение прикосновения имеет допустимое значение, а также обеспечиваются нормированные значения напряжения на заземляющем устройстве и допустимые плотности токов в естественных заземлителях, выполнение искусственных заземлителей в электроустановках до 1 кВ не обязательно. Использование естественных заземлителей в качестве элементов заземляющих устройств не должно приводить к их повреждению при протекании по ним токов короткого замыкания или к нарушению работы устройств, с которыми они связаны.

Для заземления в электроустановках разных назначений и напряжений, территориально сближенных, следует, как правило, применять одно общее заземляющее устройство.

Заземляющее устройство, используемое для заземления электроустановок одного или разных назначений и напряжений, должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к заземлению этих электроустановок: защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции, условиям режимов работы сетей, защиты электрооборудования от перенапряжения и т. д. в течение всего периода эксплуатации.

В первую очередь должны быть соблюдены требования, предъявляемые к защитному заземлению.

Заземляющие устройства защитного заземления электроустановок зданий и сооружений и молниезащиты 2-й и 3-й категорий этих зданий и сооружений, как правило, должны быть общими.

При выполнении отдельного (независимого) заземлителя для рабочего заземления по условиям работы информационного или другого чувствительного к воздействию помех оборудования должны быть приняты специальные меры защиты от поражения электрическим током, исключающие одновременное прикосновение к частям, которые могут оказаться под опасной разностью потенциалов при повреждении изоляции.

Для объединения заземляющих устройств разных электроустановок в одно общее заземляющее устройство могут быть использованы естественные и искусственные заземляющие проводники. Их число должно быть не менее двух.

7) Требуемые значения напряжений прикосновения и сопротивления заземляющих устройств при стекании с них токов замыкания на землю и токов утечки должны быть обеспечены при наиболее неблагоприятных условиях в любое время года.

При определении сопротивления заземляющих устройств должны быть учтены искусственные и естественные заземлители.

При определении удельного сопротивления земли в качестве расчетного следует принимать его сезонное значение, соответствующее наиболее неблагоприятным условиям.

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заземляющие устройства должны быть механически прочными, термически и динамически стойкими к токам замыкания на землю.

8) Электроустановки напряжением до 1 кВ жилых, общественных и промышленных зданий и наружных установок должны, как правило, получать питание от источника с глухозаземленной нейтралью с применением системы TN.

Для защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении в таких электроустановках должно быть выполнено автоматическое отключение питания.

Требования к выбору систем TN-C, TN-S, TN-C-S для конкретных электроустановок приведены в соответствующих главах Правил.

9). Питание электроустановок напряжением до 1 кВ переменного тока от источника с изолированной нейтралью с применением системы IT следует выполнять, как правило, при недопустимости перерыва питания при первом замыкании на землю или на открытые проводящие части, связанные с системой уравнивания потенциалов. В таких электроустановках для защиты при косвенном прикосновении при первом замыкании на землю должно быть выполнено защитное заземление в сочетании с контролем изоляции сети или применены УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА. При двойном замыкании на землю должно быть выполнено автоматическое отключение питания.

10) Питание электроустановок напряжением до 1 кВ от источника с глухозаземленной нейтралью и с заземлением открытых проводящих частей при помощи заземлителя, не присоединенного к нейтрали (система TT), допускается только в тех случаях, когда условия электробезопасности в системе TN не могут быть обеспечены. Для защиты при косвенном прикосновении в таких электроустановках должно быть выполнено автоматическое отключение питания с обязательным применением УЗО. При этом должно быть соблюдено условие:

$$R_a I_a \leq 50 \text{ В}$$

где  $I_a$  - ток срабатывания защитного устройства;

$R_a$ - суммарное сопротивление заземлителя и заземляющего проводника, при применении УЗО для защиты нескольких электроприемников - заземляющего проводника наиболее удаленного электроприемника.

11) При применении защитного автоматического отключения питания должна быть выполнена основная система уравнивания потенциалов в соответствии, а при необходимости также дополнительная система уравнивания потенциалов.

12). При применении системы TN рекомендуется выполнять повторное заземление PE- и PEN-проводников на вводе в электроустановки зданий, а также в других доступных местах. Для повторного заземления в первую очередь следует использовать естественные заземлители. Сопротивление заземлителя повторного заземления не нормируется.

Внутри больших и многоэтажных зданий аналогичную функцию выполняет уравнивание потенциалов посредством присоединения нулевого защитного проводника к главной заземляющей шине.

Повторное заземление электроустановок напряжением до 1 кВ, получающих питание по воздушным линиям, должно выполняться.

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



13). Если время автоматического отключения питания не удовлетворяет условиям для системы TN и для системы IT, то защита при косвенном прикосновении для отдельных частей электроустановки или отдельных электроприемников может быть выполнена применением двойной или усиленной изоляции (электрооборудование класса II), сверхнизкого напряжения (электрооборудование класса III), электрического разделения цепей, изолирующих (непроводящих) помещений, зон, площадок.

14). Система IT напряжением до 1 кВ, связанная через трансформатор с сетью напряжением выше 1 кВ, должна быть защищена пробивным предохранителем от опасности, возникающей при повреждении изоляции между обмотками высшего и низшего напряжений трансформатора. Пробивной предохранитель должен быть установлен в нейтрали или фазе на стороне низкого напряжения каждого трансформатора.

15) В электроустановках напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью для защиты от поражения электрическим током должно быть выполнено защитное заземление открытых проводящих частей.

В таких электроустановках должна быть предусмотрена возможность быстрого обнаружения замыканий на землю. Защита от замыканий на землю должна устанавливаться с действием на отключение по всей электрически связанной сети в тех случаях, в которых это необходимо по условиям безопасности (для линий, питающих передвижные подстанции и механизмы, торфяные разработки и т.п.).

16) В электроустановках напряжением выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью для защиты от поражения электрическим током должно быть выполнено защитное заземление открытых проводящих частей.

17) Защитное зануление в системе TN и защитное заземление в системе IT электрооборудования, установленного на опорах ВЛ (силовые и измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители, конденсаторы и другие аппараты), должно быть выполнено с соблюдением требований, приведенных в соответствующих главах ПУЭ, а также в настоящей главе.

Сопротивление заземляющего устройства опоры ВЛ, на которой установлено электрооборудование, должно соответствовать требованиям.

Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работы в электроустановках:

- 1) Оформление работы нарядом-допуском, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- 2) Допуск к работе;
- 3) Надзор во время работы;
- 4) Оформление перерыва в работе, переводов на другое рабочее место, окончание работы;

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Технические мероприятия обеспечивающие безопасность работ, выполняемых со снятием напряжения:

- 1) Произведены необходимые отключения и приняты меры препятствующие передаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самостоятельного включения коммутационной аппаратуры;
- 2) На приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационной аппаратуры вывешены запрещающие плакаты ;
- 3) Проверенно отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;
- 4) Наложено заземление;
- 5) Вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты, ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжение токоведущие части.

					<i>13.03.02.2018.271 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		41

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе были рассмотрены различные варианты газопоршневых установок, произведен выбор наиболее надежного варианта.

В ходе выполнения проекта был произведен выбор основного оборудования, разработана электрическая схема подключения оборудования, а также рассмотрены меры безопасности при эксплуатации газопоршневых установок. 1

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

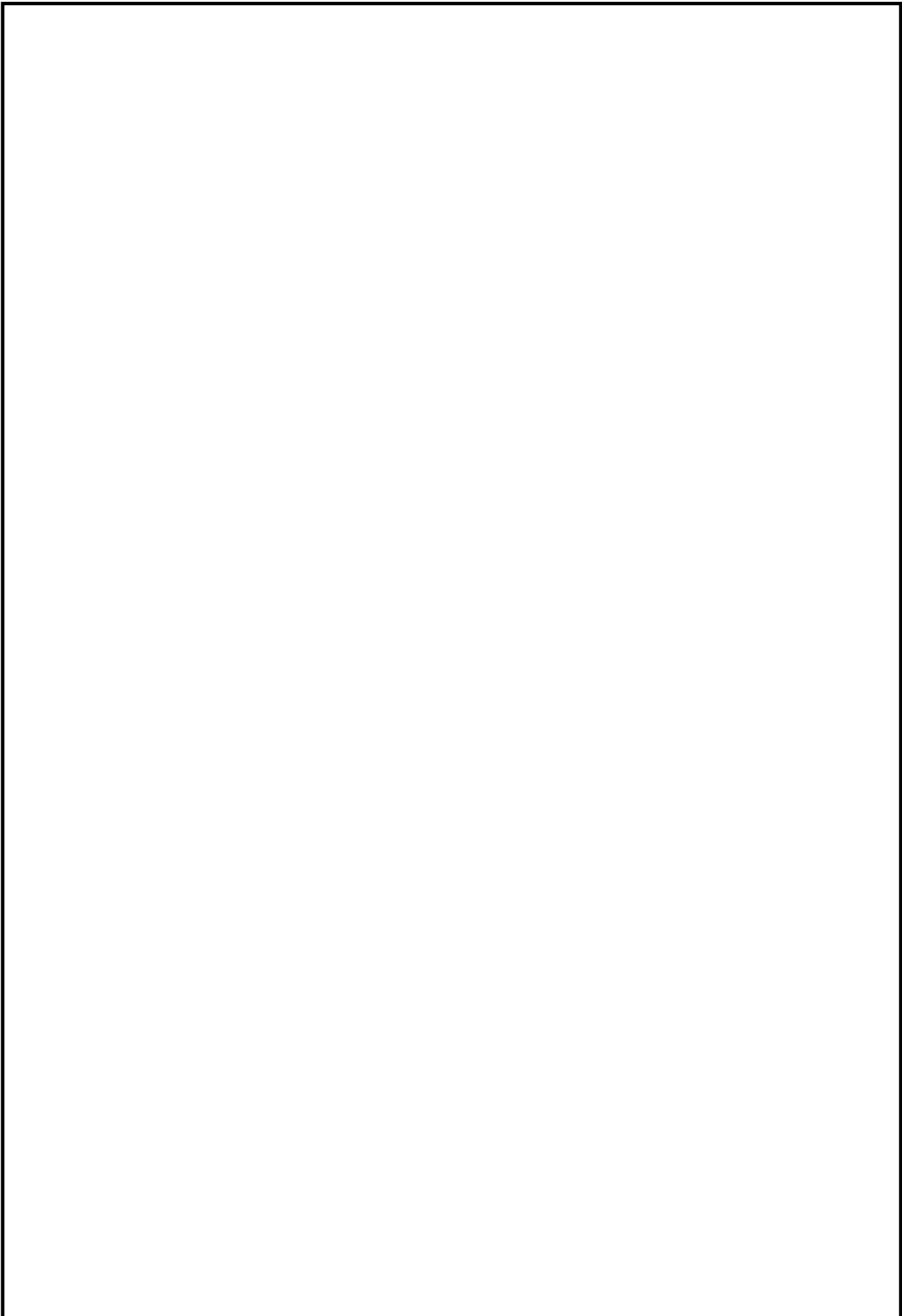
## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для сред. проф. образования/ Рожкова Л.Д., Корнеева Л.К., Чиркова Т.В. – М: Издательский центр «Академия», 2004. – 448 с.
2. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д. Л. Файбисовича. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2009. – 392 с. : ил.
3. Парубочая Т.И., Сырейщикова Н.В., Шевелев А.Е., Шевелева Е.В. СТО ЮУрГУ 21-2008 Стандарт организации: Курсовая и выпускная квалификационная работа. Требования к содержанию и оформлению – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 55 с.
4. СТО ЮУрГУ 04–2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / Т. И. Парубочая, Н. В. Сырейщикова, В. И. Гузеев, Л. В. Винокурова. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008.
5. Гайсаров Р.В., Лисовская И.Т. Выбор электрической аппаратуры, токоведущих частей и изоляторов: Учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию.– Челябинск: Изд. ЮУРГУ, 2002. – 59 с.
6. Микропроцессорный блок защиты присоединений БЗП 01–  
<https://gisprofi.com>
7. Амперметры, вольтметры, щитовые Э42700–<http://td-str.ru>
8. Трансформаторы тока Т-0.66 1000/5– [www.texenergo.ru](http://www.texenergo.ru)
9. Балаков Ю.Н., Мисриханов М.Ш., Шунтов А.В. Проектирование схем электроустановок : Учебное пособие для вузов – 2-е изд., перераб. – М: Издательский дом МЭИ, 2006 – 288 с.
10. Гайсаров Р.В., Коржов А.В., Лежнева Л.А., Лисовская И.Т. Проектирование электрических станций и подстанций ; Методические указания к курсовому проекту. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005-46с.
11. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. – 6-е изд., перераб. и доп. – Красноярск, 1998. – 656 с.

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

# ПРИЛОЖЕНИЯ

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



					<i>13.03.02.2018.271 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>45</i>

# Приложения

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

					13.03.02.2018.271 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47