

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО  
«Сибирский федеральный университет»  
институт

«Электроэнергетика»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Г.Н. Чистяков  
подпись                      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Реконструкция системы электроснабжения АО «Черногорский ремонтно-  
механический завод»

тема

Руководитель \_\_\_\_\_  
подпись, дата

доцент, к.э.н.  
должность, ученая степень

Н. В. Дулесова  
инициалы, фамилия

Выпускник \_\_\_\_\_  
подпись, дата

Н.В. Боробов  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер \_\_\_\_\_  
подпись, дата

И.А. Кычакова  
инициалы, фамилия

Абакан 2020

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт –  
филиал ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»  
институт

«ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Г.Н. Чистяков  
подпись    инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме бакалаврской работы**

Студенту Боробову Никите Витальевичу

(фамилия, имя, отчество студента)

Группа ХЭн16-01(16-1)

Направление 13.03.02

(код)

«Электроэнергетика и электротехника»

наименование)

Тема выпускной квалификационной работы: Реконструкция системы электроснабжения АО «Черногорский ремонтно-механический завод»

Утверждена приказом по университету № 323 от 05.06.2020 г.

Руководитель ВКР: Н.В. Дулесова, доцент каф. «Электроэнергетика», к.э.н.

(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для ВКР: Схема электрических соединений подстанции «Центральная», ведомость электрических нагрузок

Перечень разделов выпускной квалификационной работы:

Введение

1 Теоретическая часть

1.1 Методы и методики расчета электрических нагрузок промышленного объекта, выбора числа и мощности трансформаторов

1.2 Расчет картограммы электрических нагрузок

1.3 Классификация электроприемников АО «ЧРМЗ»

2 Аналитическая часть

2.1. Характеристика предприятия

2.2 Причины реконструкции

2.3 Определение расчетной электрической нагрузки

2.4 Расчет картограммы электрических нагрузок

2.5 Выбор числа, мощности и типа трансформаторов и трансформаторных подстанций предприятия

2.6 Определение сечения линий связи предприятия с источником питания

2.7 Схема электрических соединений трансформаторной подстанции

2.8 Проверка оборудования по токам короткого замыкания

2.9 Анализ качества напряжения и расчет отклонения напряжения

3. Практическая часть

3.1. Мероприятия по повышению надежности электроснабжения Ремонтного Механического Завода

3.2 Проверка на соответствие требованиям СЭС

Заключение

Перечень обязательных листов графической части:

1 Генеральный план территории АО "ЧРМЗ" с учетом нового центра расположения электрических нагрузок

2 Однолинейная схема электроснабжения

3 План расположения центра электрических нагрузок.

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_

(подпись)

Н.В. Дулесова

(инициалы и фамилия)

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

(подпись)

(инициалы и фамилия)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Реконструкция системы электроснабжения АО «Черногорский ремонтно-механический завод» содержит 59 страниц текстового документа, 28 использованных источников, 3 листа графического материала, приложений нет.

Ключевые слова: СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, РЕКОНСТРУКЦИЯ, ТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ, электрические потребители.

Объект исследований – система электроснабжения АО «Черногорский ремонтно-механического завод».

Предмет исследований – технологии проектирования и реконструкции.

Методы исследования – формализуемые методы расчета электрических нагрузок.

Целью работы является реконструкция системы электроснабжения АО «Черногорский ремонтно-механического завод».

Цель достигается решением следующих задач:

- дать обоснование реконструкции электроснабжения;
- произвести расчет картограммы электрических нагрузок;
- произвести расчет затрат для модернизации и срок окупаемости;
- разработать новую схему электроснабжения;
- произвести выбор кабелей, питающих ТП;
- провести проверку оборудования по токам короткого замыкания;
- провести анализ качества напряжения цеховой сети и расчет отклонения напряжения для характерных электроприемников;
- разработать мероприятия по повышению надежности электроснабжения ремонтно-механического завода.

## ABSTRACT

The final qualification work on the topic "Reconstruction of the power supply system of JSC" Chernogorsk mechanical repair plant "contains 59 pages of a text document, 28 used sources, 3 sheets of graphic material, no attachments.

Key words: POWER SUPPLY SYSTEMS, RECONSTRUCTION, TRANSFORMER SUBSTATION, electrical consumers.

The object of research is the power supply system of JSC "Chernogorsk Mechanical Repair Plant".

The subject of research is design and reconstruction technologies.

Research methods - formalized methods for calculating electrical loads.

The aim of the work is to reconstruct the power supply system of JSC Chernogorsk Mechanical Repair Plant.

The goal is achieved by solving the following tasks:

- give a justification for the reconstruction of power supply;
- calculate the cartogram of electrical loads;
- calculate the costs for modernization and the payback period;
- develop a new power supply scheme;
- make a choice of cables supplying TP;
- check the equipment for short-circuit currents;
- analyze the quality of the shop network voltage and calculate the voltage deviation for typical electrical receivers;
- to develop measures to improve the reliability of power supply of the mechanical repair plant.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	9
1.1 Методы и методики расчета электрических нагрузок промышленного объекта, выбора числа и мощности трансформаторов.....	9
1.2 Расчет картограммы электрических нагрузок .....	13
1.3 Классификация электроприемников АО «ЧРМЗ».....	14
2 АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	18
2.1. Характеристика предприятия .....	18
2.2 Причины реконструкции.....	20
2.3 Определение расчетной электрической нагрузки .....	21
2.4 Расчет картограммы электрических нагрузок .....	23
2.5 Выбор числа, мощности и типа трансформаторов и трансформаторных подстанций предприятия .....	26
2.6 Определение сечения линий связи предприятия с источником питания ..	28
2.6.1 Кабель ПвВнг(А)-LS 3×16 – 6 кВ.....	31
2.6.2 Электрические характеристики ПвВнг(А)-LS 3x16 .....	32
2.6.3 Токовая нагрузка ПвВнг(А)-LS 3x16 .....	32
2.6.4 Ток короткого замыкания ПвВнг(А)-LS 3x16 .....	32
2.6.5 Общие технические характеристики ПвВнг(А)-LS 3x16 .....	32
2.6.6 Расшифровка ПвВнг(А)-LS 3x16.....	33
2.6.7 Маркировка ПвВнг(А)-LS 3x16.....	33
2.6.8 Применение ПвВнг(А)-LS 3x16.....	34
2.7 Схема электрических соединений трансформаторной подстанции .....	35
2.8 Проверка оборудования по токам короткого замыкания .....	36
2.8.1 Выбор трансформаторов тока.....	39
2.8.2 Выбор трансформаторов напряжения .....	40
2.9 Анализ качества напряжения и расчет отклонения напряжения .....	43
3. Практическая часть .....	45
3.1. Мероприятия по повышению надежности электроснабжения ремонтного механического завода .....	45
3.2 Проверка на соответствие требованиям СЭС .....	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	49
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	51

## **ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность работы:** Реконструкция системы электроснабжения АО «Черногорский ремонтно-механический завод» обусловлена тем, что ухудшение технического состояния силового оборудования является одной из основных причин выхода из строя и перерывов в электроснабжении.

Необходимость реконструкции системы электроснабжения АО «Черногорский ремонтно-механический завод» возникает и по условиям морального износа: необходимости изменения схемы, замены трансформаторов; при этом должно меняться изношенное оборудование.

Проблема техперевооружения и реконструкции системы электроснабжения в связи со старением основных фондов и моральным износом является в современных условиях решающей для обеспечения живучести и надежности электроэнергетики.

Реконструкция системы электроснабжения позволит повысить надежность электроснабжения и качество электроэнергии завода, а также снизить потери электроэнергии и как следствие затраты на эксплуатацию.

Продление ресурса оборудования неминуемо скажется на увеличении объема работ по устранению физического и морального износа объектов электрических сетей в будущем. Преодоление дефицита финансовых и материальных ресурсов для проведения реконструкции невозможно без привлечения крупномасштабных инвестиций. При реконструкции системы электроснабжения завода рекомендуется ориентироваться на лучшие образцы оборудования, выпускаемого отечественными и зарубежными заводами.

**Целью работы** является реконструкция системы электроснабжения АО «Черногорский ремонтно-механический завод».

**Задачи работы:**

- дать обоснование реконструкции электроснабжения;
- произвести расчет картограммы электрических нагрузок;
- произвести расчет затрат для модернизации и срок окупаемости;
- разработать новую схему электроснабжения;
- произвести выбор кабелей, питающих ТП;
- провести проверку оборудования по токам короткого замыкания;
- провести анализ качества напряжения цеховой сети и расчет отклонения напряжения для характерных электроприемников;
- разработать мероприятия по повышению надежности электроснабжения ремонтно-механического завода.

**Поставленная цель и выделенные задачи** обусловили структуру данного исследования. Выпускная квалификационная работа состоит из введения трех глав, четырнадцати параграфов, заключения и списка использованных источников. Кроме того, имеются графические материалы, иллюстрирующие разработку.

**Объект исследований** – система электроснабжения АО «Черногорский ремонтно-механического завод».

**Предмет исследований** – технологии проектирования и реконструкции.



# 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1.1 Методы и методики расчета электрических нагрузок промышленного объекта, выбора числа и мощности трансформаторов

Существует несколько методов расчета электрических нагрузок промышленных объектов:

– метод расчета электрических нагрузок по номинальной мощности и коэффициенту использования.

Метод определения расчетных нагрузок по номинальной мощности и коэффициенту использования применяется, как правило, для индивидуальных ЭП напряжением до 1 кВ, работающих в длительном режиме ( $P_B=1$ );

– метод расчета электрических нагрузок по номинальной мощности и коэффициенту спроса.

Метод определения расчетных нагрузок по номинальной мощности и коэффициенту спроса применяется, как правило, для группы ЭП, работающих в длительном режиме ( $P_B=1$ ). Данный метод наиболее прост и широко применяется при разработке технического задания на проектирование.

Для определения расчетных нагрузок по этому методу необходимо знать номинальную мощность группы приемников (производства, цеха и т.п.), коэффициент спроса данной группы ЭП и значение коэффициента мощности данной группы;

– метод расчета электрических нагрузок по средней мощности и расчетному коэффициенту [1].

При наличии данных о числе ЭП, их мощности и режимах их работы расчет силовых нагрузок до 1 кВ рекомендуется проводить по средней мощности ( $P_C$ ) и расчетному коэффициенту ( $K_P$ ). Расчетный коэффициент

определяется по упорядоченным диаграммам. Поэтому данный метод носит название – метод упорядоченных диаграмм;

– метод расчета электрических нагрузок по средней мощности и отклонению расчетной нагрузки от средней.

Поскольку групповая нагрузка представляет собой систему независимых случайных нагрузок отдельных электроприемников, то при большом их числе групповая нагрузка подчиняется нормальному закону распределения случайных величин. Данный метод расчета – статистический метод расчета нагрузок;

– метод расчета электрических нагрузок по средней мощности и коэффициенту формы графика.

В данном методе расчетную нагрузку группы ЭП принимают равной их среднеквадратичной. Метод применим для расчета нагрузок группы ЭП, когда число приемников в группе достаточно велико и их режим работы разнообразен.

Данный метод может применяться для определения расчетных нагрузок цеховых шинопроводов, на шинах низшего напряжения цеховых трансформаторных подстанций, на шинах РУ напряжением 6; 10 кВ, когда значения коэффициента формы графика ( $K_\phi$ ) достаточно стабильны.

Мощность трансформатора рассчитывается по расчетной мощности всех потребителей на III уровне системы электроснабжения [2].

При этом необходимо учитывать коэффициент загрузки и перегрузки трансформаторов:

$$k_3 = \frac{S_{\text{нагр}}}{n \cdot S_{\text{ном}}} < 0,7 \quad (1)$$

$$k_{\text{п}} = \frac{S_{\text{нагр}}}{S_{\text{ном}}} < 1,4 \quad (2)$$

где  $S_{\text{нагр}}$  – суммарная мощность всех потребителей на III уровне системы электроснабжения, кВА.

где  $S_{\text{НОМ}}$  – номинальная мощность трансформатора, кВА.

Генеральный план завода представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Генеральный план завода  
От трансформаторной подстанции ТП-1, расположенной на территории АО «ЧРМЗ», питаются следующие потребители (таблица 1):

Таблица 1 – Потребители ТП-1 АО «ЧРМЗ»

№	Фидер	Наименование потребителя	Потребляемая мощность, $S$ , кВА.	Потребляемая мощность $P$ , кВт
1	1	Уличное освещение	15,9	13,5
2	2	АТС	18,5	12
3	3	Цех по ремонту ДВС – ввод 2	110,6	65,9
4	4	Проходная КПП, Гараж на 4 бокса	26,5	24
5	5	ЩСН ввод - 1	8,9	8
6	6	Помещение душевых, помещение столовой	88,4	69,5
7	7	Инструментальный участок	—	—
8	8	Сварочный участок	188,4	101,8

Продолжение таблицы 1

9	9	Отделение малых токарных станков	214,7	108,1
10	10	Отделение малой механизации	53,3	32
11	11	Отделение горно-шахтного оборудования	149,7	72,7
12	12	Отделение больших токарных станков	240,6	145,7
13	13	Кузница	78,4	51
14	14	Компрессорная	150	120
15	15	Электромоторный цех	271	64,7
16	16	Стенд испытания электрических машин	532	425
17	17	Центральный склад	15	12
18	18	Козловой кран 30 т.	61,7	30,9
19	19	Козловой кран 10 т.	23,1	11,6
20	20	Козловой кран 5 т.	29,7	14,9
21	21	Литейный участок ЛМЦ ввод 2	49,5	39,6
22	22	Литейный участок ЛМЦ ввод 1	–	–
23	23	Помещение изготовления моделей для литья	26,1	24
24	24	ЩСН ввод 2	8,9	8
25	25	Помещение ОГМ (УРУ), административный корпус	136,4	136
26	26	Цех по ремонту ДВС (резерв)	114,2	66,4
27	27	Цех по ремонту ДВС ввод 1, топливный участок, помещение изготовления моделей	–	–
28	28	Отделение термической обработки изделий РТИ	290,3	270

Окончание таблицы 1

29	29	Цех тяжелых металлоконструкций (резерв)	222,2	200
30	30	Компл. ТВЧ печей	450	360
31	31	Компл. шахты печей	515,8	490
		Сумма	4339,8	

## 1.2 Расчет картограммы электрических нагрузок

Для определения мест расположения трансформаторной подстанции на генплане АО «ЧРМЗ» строиться картограмма электрических нагрузок. Картограмма строится из условия, что площади кругов картограммы при выбранном масштабе  $m = 0,5 \text{ кВ}\cdot\text{А}/\text{мм}^2$  соответствуют расчетным нагрузкам потребителей [4].

Радиус окружности для каждого из потребителей находится из выражения:

$$r = \sqrt{\frac{Sp_i}{\pi \cdot m}} \quad (3)$$

где  $Sp_i$  – полная расчетная суммарная нагрузка  $i$ -го цеха.

Сектор, соответствующий нагрузке освещения, определяется углом  $\alpha$  по выражению:

$$\alpha = \frac{S_{\text{Росв}}}{S_{\text{Рцех}}} \cdot 360^\circ \quad (4)$$

Центр электрических нагрузок (ЦЭН) предприятия определяется по формулам:

$$X_{\text{цэн}} = \frac{\sum_{i=1}^m Sp_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^m Sp_i} \quad (5)$$

$$Y_{\text{цэн}} = \frac{\sum_{i=1}^m Sp_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^m Sp_i} \quad (6)$$

где  $X_i$  и  $Y_i$  – координаты центра нагрузки  $i$ -го цеха, в предположении, что нагрузка распределена по цеху равномерно. Предполагаем, что нагрузка

распределена равномерно, тогда её центр совпадает с центром тяжести фигуры [5,6].

### **1.3 Классификация электроприемников АО «ЧРМЗ»**

Целью реконструкции системы электроснабжения АО «Черногорский ремонтно-механический завод» является обеспечение электроэнергией надлежащего качества с допустимыми показателями надежности электроприемников (ЭП) [21].

Электроприемники АО «ЧРМЗ» классифицируются по следующим параметрам:

#### **1. Группы электропотребителей по потреблению электроэнергии:**

Первой и основной группой ЭП АО «ЧРМЗ» являются электрические двигатели (электромашин). В установках, не требующих регулирования скорости в процессе работы, применяются только электроприводы переменного тока (асинхронные двигатели мощностью до 630 кВт и синхронные двигатели мощностью до 30 МВт). Нерегулируемые электродвигатели переменного тока – основной вид электроприемников в промышленности, на долю которых приходится около 70 % суммарной мощности. Электродвигателем в электрике считается электродвигатель, имеющий мощность 0,25 кВт и выше. Двигатели меньшей мощности рассматриваются как средства автоматизации.

Различные электротехнологические и электротермические установки составляют вторую по назначению группу ЭП, на которую в электропотреблении приходится около 20 %. Это печи сопротивления косвенного и прямого действия, дуговые и индукционные печи, установки диэлектрического нагрева, сварка, электролизные и гальванические (металлопокрытий) и высоковольтные электростатические установки. Первую и вторую группу ЭП объединяют под общим названием «силовая нагрузка».

Третья обязательная группа ЭП – электроосвещение, которое по величине нагрузке может составлять до десятков процентов от всей потребляемой электрической энергии АО «ЧРМЗ». Установки электрического освещения с люминесцентными, дуговыми, ртутными, натриевыми и ксеноновыми лампами применяются во всех цехах, помещениях и при освещении территории АО «ЧРМЗ».

Четвертая группа ЭП – устройства обработки информации и управления. Электропотребление этой группой незначительно, но эти устройства предъявляют особые требования к надежности электроснабжения и качеству напряжения [22].

1. По роду тока все приемники электроэнергии АО «ЧРМЗ», работающие от сети, подразделяются на три группы:

- переменного тока нормальной промышленной частоты 50 Гц;
- переменного тока повышенной или пониженной частоты, постоянного тока.

Большинство ЭП промышленных предприятий работает на переменном трехфазном токе частотой 50 Гц.

Установки повышенной частоты используют:

- для высокочастотного электроинструмента сборочных цехов АО «ЧРМЗ», где повышенная частота (обычно 175...200 Гц) позволяет изготавливать электроинструмент более легким за счет применения быстроходных двигателей; для электропривода центрифуг в промышленности искусственного волокна – 100...200 Гц;

- для электропривода станков, в которых для получения высоких скоростей резания (до 20000 об/мин) применяются частоты до 400 Гц;

- в установках индукционного сквозного нагрева металлов для горячей штамповки иковки – от 500 до 10000 Гц.

Для получения частот до 10 кГц применяются преимущественно тиристорные преобразователи, выше 10 кГц – электронные генераторы.

2. По числу фаз различают одно, двух и трехфазные ЭП АО «ЧРМЗ». Все они подключаются к трехфазной сети с учетом соответствия номинального напряжения фазному и линейному напряжению сети. Для включения однофазных ЭП требуется нейтральный (нулевой) провод.

3. Так же ЭП АО «ЧРМЗ» классифицируются по способу задания номинальной мощности: для электродвигателей номинальные (активные) мощности выражаются в киловаттах (кВт), причем в паспортных данных указывается механическая мощность на валу электродвигателя (ЭД.) Из электрической сети при этом ЭД потребляет мощность. Понятие «присоединенная мощность» используется только при рассмотрении отдельного ЭП; когда же речь идет о группе ЭП, используют термин «суммарная номинальная мощность» или «установленная мощность группы ЭП». Номинальной (установленной) мощностью плавильных электропечей и сварочных установок является мощность (полная) питающих их трансформаторов, выраженная в кВА. Это же относится к трансформаторам, в том числе трансформаторам преобразовательных и выпрямительных агрегатов. Если эти ЭП имеют небольшую мощность и подключаются к сети до 1 кВ, то указывается также мощность, потребляемая из сети; таким образом, для них присоединенная мощность совпадает с номинальной.

4. Электросварочные установки используются в сварочном цехе АО «ЧРМЗ» – специфичные приемники, особенно при расчете электрических нагрузок и выборе режимов работы.

Технологическая сварка подразделяются на дуговую, контактную и специальную. Применяют следующие источники питания:

– постоянного тока – электромашинные преобразователи, выпрямители и передвижные сварочные подстанции;

– переменного тока – одно и трехфазные трансформаторы. Коэффициент мощности первых при номинальной нагрузке составляет 0,7...0,8; на холостом ходу снижается до 0,4. Электросварочные установки



переменного тока представляют собой однофазную нагрузку в виде сварочных трансформаторов для дуговой сварки и сварочных аппаратов контактной сварки. Сварка на переменном токе представляет собой однофазную нагрузку с неравномерной загрузкой фаз и низким  $\cos\phi$  (0,30...0,35 – для дуговой сварки; 0,4...0,7 – для контактной сварки).

К специальным видам сварочных установок относятся высокочастотные, плазменные, электрошлаковые, лазерные, электроннолучевые. Высокочастотные установки применяются при производстве сварных труб (на трубоэлектросварочных станах), оболочек электрических кабелей, при изготовлении различных профилей. Этот вид сварки обладает меньшей энергоемкостью, чем дуговая и контактная сварки, и не накладывает ограничения на скорость выполнения работ.

5. Электрохимические и электролизные установки применяются в литейном цехе АО «ЧРМЗ» [23].

В литейном цехе применяются следующие ЭП:

- литье металлов;
- установки электрохимических процессов в газе;
- ванны для гальванических покрытий: омеднения, никелирования хромирования, оцинкования и т.п.) работают на постоянном токе, который получают от преобразовательных подстанций.

Электролитический процесс требует постоянства выпрямленного тока, для чего необходимо регулирование напряжения. Коэффициент мощности установок составляет 0,8...0,9; мощность одной электролизной серии – 100 133 МВт.

6. Установки электрического освещения с люминесцентными, ртутными, натриевыми, ксеноновыми энергосберегающими лампами используются во всех цехах и помещениях, а также при освещении территории АО «ЧРМЗ».

## 2 АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Характеристика предприятия

АО «Черногорский РМЗ» имеет собственные производственные цеха, гаражные боксы, используются профессиональные металлорежущие станки, оборудование и инструменты, стенды для испытания оборудования и электрических машин после проведения ремонта (рисунок 2) [10,11].



Рисунок 2 – АО «Черногорский ремонтно-механического завод»

Оборудование цехов успешно обновляется, закупается новое, укрупняются производственные площади.

В состав завода входят:

1. Литейно-механический цех – выполняет все виды ремонтов и монтаж горнодобывающего, горно-обогачительного, горнотранспортного и прочего оборудования, изготавливает и восстанавливает запасные части и узлы к нему.

Выпускает стальное, чугунное и цветное литье. Изготавливает быстроизнашиваемые сменные изделия для защиты ковшей и отвалов. В лаборатории при выплавке металла используется оптический эмиссионный спектрометр ДФС-500 по спектральному анализу металла, который позволяет

определить химический состав шихты, химический состав расплава, марку стали готового литья [12].

Выполняет ремонты технологического и компрессорного оборудования. Выпускает буровые штанги для открытых горных работ. Вся продукция проходит инспекционный и технический контроль качества.

2. Цех по изготовлению КТП – комплектных трансформаторных подстанций мощностью до 2500 кВА.

3. Электроремонтный цех – выполняет все виды ремонтов электрических машин постоянного тока и переменного мощностью до 500 кВт.

4. Цех по ремонту ДВС – ведет ремонт двигателей Cummins, Libherr, «ЯМЗ». Цех оборудован по самым современным требованиям: станки, стенды, оборудование для проведения диагностики.

Для сервисного обслуживания используется передвижная автомастерская, оборудованная станками и инструментом, позволяющими вести ремонтные работы прямо в разрезе.

5. Участок по ремонту КГШ – ремонтирует крупногабаритные шины карьерной техники.

6. Участок по изготовлению РВД – изготавливает рукава высокого давления.

7. Цех по ремонту технологического автотранспорта – производит монтаж ТО и ТР карьерных автосамосвалов.

8. Участок по ремонту вагонов – ремонтирует вагоны в режиме ТР1 и ТР2.

9. Участок по ремонту гидравлического оборудования – ведет ремонт гидравлических экскаваторов.

АО «Черногорский ремонтно-механический завод» основан в 1927 году. Первоначально это были ремонтно-механические мастерские,

состоящие из литейного и механического участков, расположенных в зданиях барачного типа (рисунок 3) [13].



Рисунок 3 – Начало строительства АО «Черногорский РМЗ»

С развитием угольной отрасли в регионе совершенствовались и развивались мастерские. В 1940г. Ремонтные мастерские реконструировались и стали называться центральными электромеханическими мастерскими – ЦЭММ.

Основное развитие ЦЭММ происходило в 1960-1980г.г. В 1983 г. ЦЭММ переименованы в Черногорский «Ремонтно-механический завод», в июле 1998г. завод преобразован в АО «Черногорский РМЗ».

С апреля 2003 года АО «Черногорский РМЗ» работает в составе АО «СУЭК». Основной задачей завода было и остается в настоящее время ремонт горной техники.

## 2.2 Причины реконструкции

Причинами реконструкции системы электроснабжения АО «Черногорский РМЗ» являются следующие обстоятельства:

- ухудшение технического состояния силового оборудования системы электроснабжения, которое является одной из основных причин выхода из строя и перерывов в электроснабжении;
- моральный износ оборудования системы электроснабжения АО «Черногорский РМЗ»;
- повышение надежности системы электроснабжения и качества электроэнергии АО «Черногорский ремонтно-механического завод»;
- снижение потерь электроэнергии и как следствие затрат на эксплуатацию [14,15].

### 2.3 Определение расчетной электрической нагрузки

Расчетная активная  $P_p$  и реактивная  $Q_p$  мощность – это мощность, соответствующая такой неизменной токовой нагрузке  $I_p$ , которая эквивалентна фактической изменяющейся во времени нагрузке по наибольшему возможному тепловому воздействию на элемент системы электроснабжения. Вероятность превышения фактической нагрузки над расчетной не более 0,05 на интервале осреднения, длительность которого принята равной трем постоянным времени нагрева элемента системы электроснабжения  $3T_0$ , через который передается ток нагрузки (кабеля, провода, шинпровода, трансформатора и т. д.).

Исходные данные к расчету электрической нагрузки представим в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные.

№	Наименование	P, кВт	Кисп	cosΦ
1	АТС	18,5	0,4	0,6
2	Цех по ремонту ДВС – ввод 2	110,6	0,22	0,65
3	Проходная КПП, Гараж на 4 бокса	26,5	0,65	0,8

## Окончание таблицы 2

4	ЩСН ввод – 1	8,9	0,3	0,7
5	Помещение душевых, столовой	88,4	0,4	0,9
6	Инструментальный участок	0	0	0
7	Сварочный участок	188,4	0,3	0,35
8	Отделение малых токарных станков	214,7	0,35	0,75
9	Отделение малой механизации	53,3	0,25	0,65
10	Отделение горно- шахтного оборудования	149,7	0,35	0,8
11	Отделение больших токарных станков	240,6	0,22	0,6
12	Кузница	78,4	0,5	0,75
13	Компрессорная	150	0,75	0,8
14	Электромоторный цех	271	0,6	0,7
15	Стенд испытания электрических машин	532	0,45	0,75
16	Центральный склад	15	0,6	0,9
17	Козловой кран 30 т.	61,7	0,06	0,45
18	Козловой кран 10 т.	23,1	0,06	0,45
19	Козловой кран 5 т.	29,7	0,06	0,45
20	Литейный участок ЛМЦ ввод 2	49,5	0,65	0,7
21	Литейный участок ЛМЦ ввод 1	49,5	0,65	0,7
22	Помещение изготовления моделей для литья	26,1	0,65	0,7
23	ЩСН ввод 2	8,9	0,5	0,65
24	Помещение ОГМ (УРУ), административный корпус	136,4	0,9	0,75
25	Цех по ремонту ДВС (резерв)	114,2	0,45	0,75
26	Цех по ремонту ДВС ввод 1, топливный участок, помещение изготовления моделей	115	1,55	0,76
27	Отделение термической обработки изделий РТИ	290,3	0,6	0,75
28	Цех тяжелых металлоконструкций (резерв)	222,2	0,26	0,75
29	Компл. ТВЧ печей	450	0,7	0,95
30	Компл. шахты печей	515,8	0,7	0,95

Выполним расчет электрической нагрузки по форме РТМ 36.18.32.4. – 92, результаты расчетов представим в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет электрической нагрузки на шинах низкого напряжения трансформаторной подстанции

Наименование ЦП	Кол-во шин, шт	Исходные данные			Коэффициент поправки $K_{\Sigma}$	Расчетные значения					Эффективная нагрузка ЦП $P_{\Sigma}$	Коэффициент расчетной нагрузки $K_{\Sigma}$	Расчетная мощность				Расчетный ток, А		
		Номинальная мощность, кВт		Коэффициент спроса $K_{\Sigma}$		Коэффициент $K_{\Sigma}$	Коэффициент $K_{\Sigma}$	Коэффициент $K_{\Sigma}$	Коэффициент $K_{\Sigma}$	Коэффициент $K_{\Sigma}$			Коэффициент $K_{\Sigma}$	Коэффициент $K_{\Sigma}$	Коэффициент $K_{\Sigma}$	Коэффициент $K_{\Sigma}$		Коэффициент $K_{\Sigma}$	Коэффициент $K_{\Sigma}$
		кВт	кВА																
АТС	1	10	18,5	18,5	0,4	0,6	1,33	7,4	10										
Цех по ремонту ДВС – ввод 2	1	50	110,6	110,6	0,22	0,65	1,17	24,332	28										
Проходная КПП, Гараж на 4 бокса	1	10	26,5	26,5	0,65	0,8	0,00	31,732	38										
ЦСН ввод - 1	1	1	8,9	8,9	0,3	0,7	1,02	2,87	3										
Помещение буфетное, помещение столовой	1	20	88,4	88,4	0,4	0,9	0,48	35,36	17										
Инструментальный участок																			
Стартовый участок	1	1	188,4	188,4	0,3	0,35	2,68	56,52	151										
Отделение малых токовых станков	1	2	214,7	214,7	0,35	0,75	0,88	75,145	66										
Отделение малой металлургии	1	2	53,3	53,3	0,25	0,65	1,17	13,325	16										
Отделение паровозного шахтного оборудования	1	1	149,7	149,7	0,35	0,8	0,75	62,395	39										
Отделение больших токовых станков	1	10	240,6	240,6	0,22	0,6	1,33	62,332	71										
Кузня	1	10	78,4	78,4	0,6	0,75	0,88	39,2	35										
Компрессорная	1	65	150	150	0,75	0,8	0,82	813	666										
Защитный цех	1	70	271	271	0,60	0,7	0,95	1204	1140										
Служба испытания электрических машин	1	160	532	532	0,45	0,75	0,88	239,4	211										
Центральный склад	1	5	15	15	0,6	0,9	0,48	9	4										
Колодезь край 30 т	1	16	61,7	61,7	0,06	0,45	1,98	3,702	7										
Колодезь край 10 т	1	5	23,1	23,1	0,06	0,45	1,98	1,386	3										
Колодезь край 5 т	1	6	29,7	29,7	0,06	0,45	1,98	1,782	4										
Литейный участок ДМВ ввод 2	1	10	49,5	49,5	0,65	0,7	1,02	32,175	33										
Литейный участок ДМВ ввод 1	1	50	49,5	49,5	0,65	0,7	1,02	32,175	33										
Помещение изготовления моделей для литья	1	5	26,1	26,1	0,65	0,7	1,02	16,965	17										
ЦСН ввод 2	1	1	8,9	8,9	0,5	0,65	1,17	4,45	5										
Помещение ОМ (ФРУ), административный корпус	1	65	136,4	136,4	0,9	0,75	0,88	122,76	106										
Цех по ремонту ДВС (резерв)	1	45	114,2	114,2	0,45	0,75	0,88	51,39	45										
Цех по ремонту ДВС ввод 1, технологич. участок, помещение изготовления моделей	1	0	115	115	1,55	0,76	0,89	178,6	159										
Отделение термической обработки литейной ЦП	1	160	290,3	290,3	0,6	0,75	0,88	352,75	312										
Цех тяжелых металлоконструкций (резерв)	1	170	222,2	222,2	0,28	0,75	0,88	57,772	51										
Комп. ПРН цехов	1	260	450	450	0,7	0,95	0,33	315	104										
Комп. шахты печей	1	260	515,8	515,8	0,7	0,95	0,33	361,06	119										
Итого		30	4238,4		0,47	0,62	1,15	1992,1	2291			0,85	1693	1947	2560				

## 2.4 Расчет картограммы электрических нагрузок

Данные расчеты приведены в таблице 4. При определении центра нагрузок оси координат принимаются через левую и нижнюю стороны завода по плану. В качестве нулевой отметки принят нижний левый угол территории.

Таблица 4 – Результаты расчетов ЦЭН, радиусов окружностей и углов осветительной нагрузки цехов.

№ цеха	Наименование цеха	$S_{\text{Росв}}, \text{кВ}\times\text{А}$	$S_{\text{Рцех}}, \text{кВ}\times\text{А}$	r, мм	$\alpha$ , град	X, м	Y, м	$S_{\text{Рцех}}\times X, \text{кВ}\times\text{А}\times\text{м}$	$S_{\text{Рцех}}\times Y, \text{кВ}\times\text{А}\times\text{м}$
1	АТС	13,13	18,5	4,49	255,50	228	422	4218	7807
2	Цех по ремонту ДВС – ввод 2	23,1	110,6	9,23	75,19	256	225	28313,6	24885
3	Проходная КПП, Гараж на 4 бокса	15,48	26,5	5,17	210,29	210	248	5565	6572
4	ЦСН ввод - 1	2,59	8,9	2,71	104,76	363	268	3230,7	2385,2

5	Помещение душевых, помещение столовой	5,53	88,4	7,73	22,52	342	410	30232,8	36244
---	---------------------------------------	------	------	------	-------	-----	-----	---------	-------

#### Окончание таблицы 4

6	Инструментальный участок	15,06	0	3,10	0	400	370	0	0
7	Сварочный участок	23,03	188,4	11,60	44,01	457	308	86098,8	58027,2
8	Отделение малых токарных станков	1,94	214,7	11,75	3,25	543	422	116582,1	90603,4
9	Отделение малой механизации	1,04	53,3	5,88	7,02	543	370	28941,9	19721
10	Отделение горно-шахтного оборудования	23,1	149,7	10,49	55,55	494	370	73951,8	55389
11	Отделение больших токарных станков	15,48	240,6	12,77	23,16	457	308	109954,2	74104,8
12	Кузница	2,59	78,4	7,18	11,89	426	370	33398,4	29008
13	Компрессорная	5,53	150	9,95	13,27	426	165	63900	24750
14	Электромоторный цех	15,06	271	13,50	20,01	400	308	108400	83468
15	Стенд испытания электрических машин	23,03	532	18,80	15,58	426	308	226632	163856
16	Центральный склад	1,04	15	3,20	24,96	521	270	7815	4050
17	Козловой кран 30 т.	23,1	61,7	7,35	134,78	521	133	32145,7	8206,1
18	Козловой кран 10 т.	15,48	23,1	4,96	241,25	477	165	11018,7	3811,5
19	Козловой кран 5 т.	2,59	29,7	4,54	31,39	426	422	12652,2	12533,4
20	Литейный участок ЛМЦ ввод 2	5,53	49,5	5,92	40,22	290	133	14355	6583,5
21	Литейный участок ЛМЦ ввод 1	15,06	0	3,10	0,00	342	133	0	0
22	Помещение изготовления моделей для литья	23,03	26,1	5,59	317,66	312	231	8143,2	6029,1
23	ЩСН ввод 2	1,94	8,9	2,63	78,47	363	238	3230,7	2118,2
24	Помещение ОГМ (УРУ), административный корпус	1,04	136,4	9,36	2,74	290	205	39556	27962
25	Цех по ремонту ДВС (резерв)	23,1	114,2	9,35	72,82	290	205	33118	23411
26	Цех по ремонту ДВС ввод 1, топливный участок, помещение изготовления моделей	15,48	0	3,14	0,00	0	205	0	0
27	Отделение термической обработки изделий РТИ	2,59	290,3	13,66	3,21	65	353	18869,5	102475,9
28	Цех тяжелых металлоконструкций (резерв)	5,53	222,2	12,04	8,96	228	353	50661,6	78436,6
29	Компл. ТВЧ печей	15,06	450	17,21	12,05	290	231	130500	103950



30	Компл. шахты печей	23,03	515,8	18,53	16,07	312	231	160929,6	119149,8
Итого		370,02	4939,8					1442415	1175538

Подставляя в выражение (5) и (6) данные из таблицы 3 получим:

$$X_{цэн} = \frac{1442415}{5403,82} = 266 \text{ м.}$$

$$Y_{цэн} = \frac{1175538}{5403,82} = 217 \text{ м.}$$

Исходя из полученных данных, найдем центр электрической нагрузки и построим картограмму электрических нагрузок предприятия, которую представим на рисунке 4. Центр электрических нагрузок обозначен кругом [7,8].

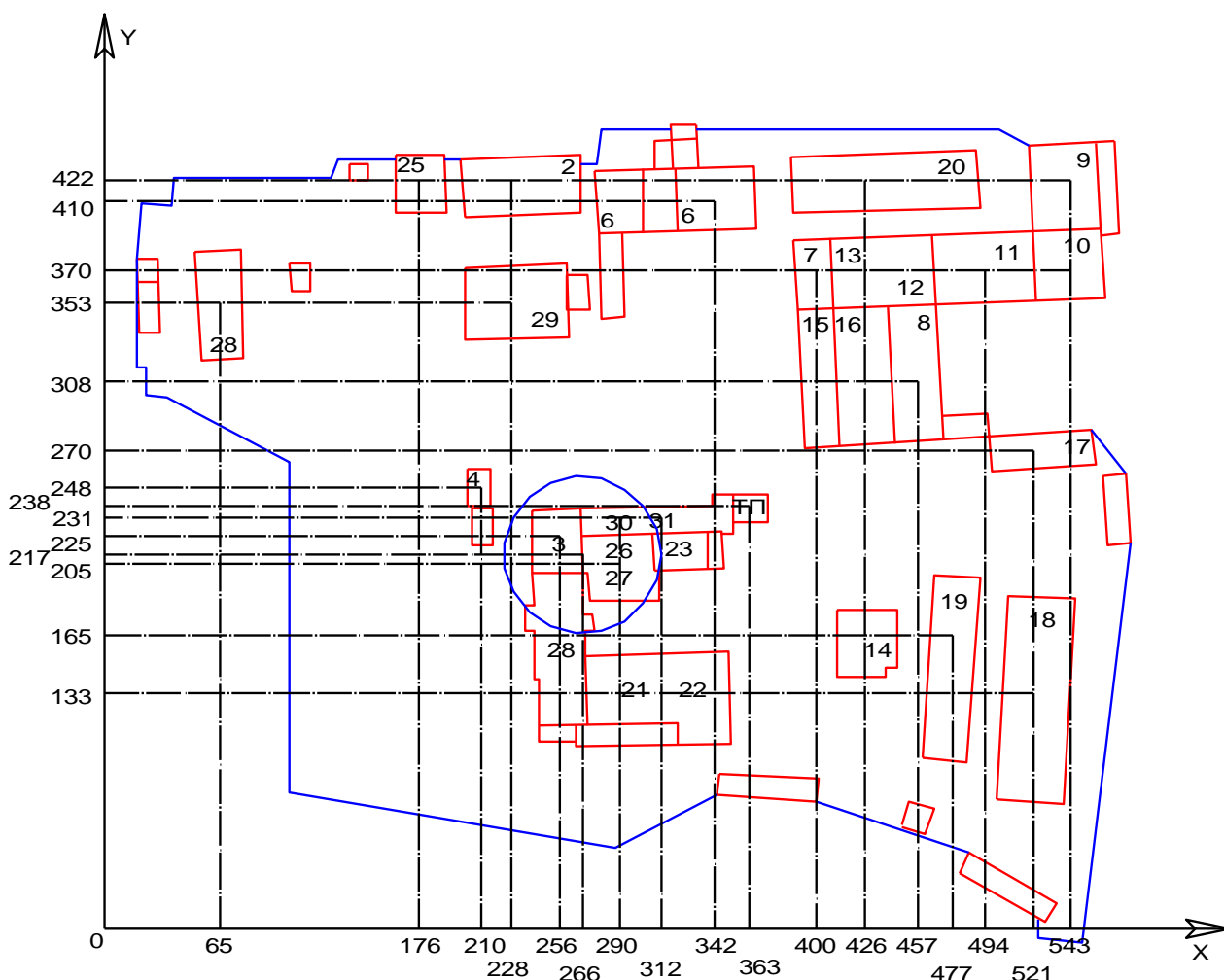


Рисунок 4 – Картограмма и центр электрических нагрузок

## 2.5 Выбор числа, мощности и типа трансформаторов и трансформаторных подстанций предприятия

Суммарные расчетные активные и реактивные нагрузки потребителей до 1000 В в целом по предприятию определяются суммированием соответствующих нагрузок всех цехов с учетом расчетной нагрузки освещения, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций.

Используя результаты расчета таблицы 3, с учетом мощности освещения активные и реактивные нагрузки цеха определяются из выражения:

$$\Sigma P_{pH} = P_{po} + P_p, \text{ кВт}; \quad (7)$$

$$\Sigma Q_{pH} = Q_{po} + Q_p, \text{ кВт}; \quad (8)$$

Из таблицы 3 величина активной расчетной мощности равна  $P_p = 1693$  кВт, осветительная нагрузка  $P_{po} = 370$  кВт. Соответственно реактивная расчетная мощность  $Q_p = 1947$  КВАр, а осветительная нагрузка  $Q_{po} = 506,9$  КВАр.

Представим расчеты результирующих электрических нагрузок на стороне 0,4 кВ и 6кВ в таблице 5.

Таблица 5 – Расчеты результирующих электрических нагрузок

Наименование	Коэф. реактивной мощно	Расчетная нагрузка			Количество и мощность трансформ. шт. кВА
Результирующие электрические нагрузки цеховых трансформаторных подстанций					
ТП главного корпуса					
Силовая нагрузка 0,4 кВ	1,04	1693	1947	2580	
Осветительная нагрузка	1,37	370	506,9	627,57	
Итого на стороне 0,4 кВ без КУ		2063	2454	3207,6	
Мощность КУ на напряжении 0,4 кВ			850		
Итого на стороне 0,4 кВ	0,7774	2063	1604	2613,2	2*2500
Потери в трансформаторах	$k_z=0,77$	25,17	82,11	85,89	
Итого на стороне ВН		2088	1686	2699,1	

По результатам расчета выбираем два трансформатора марки ТСЗЛ ZUCCHINI с мощностью 2500 кВА каждый.

Таблица 6 – Технические характеристики трансформатора

Тип трансформатора	Схема соед. обм.	Потери, кВт		Укз, %	I <sub>хх</sub> , %
		хх	кз		
ТСЗЛ ZUCCHINI 2500/6/0,4	D/Yn-11	6,2	23,5	5,5	3,5

Трансформатор представим на рисунке 5.



Рисунок 5 – Трансформатор марки ТСЗЛ ZUCCHINI с мощностью 2500 кВА.

Если на подстанции с суммарной нагрузкой  $S$  работает параллельно  $n$  одинаковых трансформаторов, то их эквивалентные сопротивления в  $n$  раз меньше, а проводимости в  $n$  раз больше. Тогда, потери мощности в двухобмоточном трансформаторе равны:

$$\Delta P_{T1} = n \cdot \Delta P_x + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_K \left( \frac{S}{S_{НОМ}} \right)^2 \text{ кВт}; \quad (9)$$

$$\Delta Q_x = n * \Delta Q_x + \frac{1}{n} * \frac{U_k}{100} * \frac{S^2}{S_{НОМ}} \text{ кВт}; \quad (10)$$

$$\Delta P_{T1} = 25,17 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_x = 82,11 \text{ кВт}$$

Коэффициент загрузки трансформаторов:

$$k_3 = \frac{S_H}{n \cdot S_{\text{НОМ}}} = \frac{2699}{2 \cdot 2500} = 0,54 < 0,7 \quad (11)$$

Коэффициент перегрузки трансформатора:

$$k_3 = \frac{S_H}{S_{\text{НОМ}}} = \frac{2699}{2500} = 1,08 < 1,4 \quad (12)$$

## 2.6 Определение сечения линий связи предприятия с источником питания

В соответствии с «Указаниями по расчету электрических нагрузок»

Тяжпромэлектропроекта [17], постоянные времени нагрева  $t_o \geq 30$  мин – для кабелей напряжением 6 кВ и выше, от которых осуществляется питание силовых трансформаторов ТП [18].

Произведем выбор питающих кабельных линий 6 кВ.

Условие выбора по току:

$$I_{\text{дон}} \geq I_{\text{раа}}, \quad (13)$$

где  $I_{\text{дон}}$  – длительно-допустимый ток кабеля, А.

$I_{\text{раа}}$  – расчетный рабочий ток кабеля, А.

Расчетный рабочий ток кабеля определяется из следующего выражения:

$$I_{\text{раб}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot n}, \quad (14)$$

где  $n$  – число линий;

$S_p$  – полная расчетная электрическая нагрузка на четвертом уровне системы электроснабжения, кВА;

$U_H$  – номинальное напряжение линии, кВ.

Экономически целесообразное расчетное сечение провода или кабеля определяют из соотношения:

$$F_p = \frac{I_p}{j_H}, \quad (15)$$

где  $I_p$  – расчетный ток линии, А;  $j_H$  – нормированное значение экономической плотности тока  $j_H = 1,4$  А/мм<sup>2</sup>, выбираемое в зависимости от годового числа часов использования максимума нагрузки.

Расчетный ток одной линии в нормальном режиме работы:

$$I_p = \frac{S_{IV}}{2 * \sqrt{3} * U_{ном}} = \frac{2699}{2 * \sqrt{3} * 6} = 130 \text{ А.}$$

Сечение линии:

$$F_p = \frac{I_p}{j_H} = \frac{130}{1,4} = 92,86 \text{ мм}^2,$$

По расчетному сечению выбираем кабель на напряжение 6 кВ сечением 120 мм<sup>2</sup>, проложенным в траншее [19]. Длительно допустимая токовая нагрузка одного кабеля, проложенного в траншее  $I_{доп} = 279$  А.

Расчетный ток линии должен быть меньше длительного допустимого тока:

$$I_p \leq I_{доп}; (130 \leq 279) \text{ А.}$$

Условие выполняется, следовательно, выбранное сечение проходит по допустимому току нагрева в рабочем режиме.

Определим фактический длительный ток нагрева в послеаварийном режиме, то есть когда отключается одна из параллельных цепей линии:

$$I_{нб} = 2 * I_p = 2 * 130 = 260 \text{ А,}$$

$$I_{нб} \leq I_{доп}; (260 \leq 279) \text{ А.}$$

Условие выполняется, выбранное сечение соответствует условию нагрева в послеаварийном режиме.

Определим значение потерь в линии ЛЭП.

Потери активной и реактивной мощностей в линии для ТП, определяются по формулам соответственно:

$$\Delta P_{Л1} = \left(\frac{S_{IV}}{U_{ном}}\right)^2 * \frac{r_{уд} * l_1}{n} * 10^{-3} = \left(\frac{2699}{6}\right)^2 * \frac{0,258 * 0,2}{2} * 10^{-3} = 5,22 \text{ кВт,}$$

$$\Delta Q_{л1} = \left(\frac{S_{IV}}{U_{НОМ}}\right)^2 * \frac{x_{уд} * l_1}{n} * 10^{-3} = \left(\frac{2699}{6}\right)^2 * \frac{0,076 * 0,2}{2} * 10^{-3} = 1,5 \text{ кВар},$$

где  $n$  – количество цепей в линии;  $l_1$  – расстояние от источника питания, км.

Годовое потребление электроэнергии определяет по максимальной активной мощности и числу часов максимальной нагрузки  $T_m$ :

$$W_{год} = P_{max} T_{max} = 2088 * 3500 = 7308000 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

Число часов максимальных потерь электроэнергии является функцией от числа часов максимальной нагрузки:

$$\begin{aligned} \tau_1 &= 8760 \cdot (0,124 + T_m \cdot 10^{-4})^2 = \\ &= 8760 \cdot (0,124 + 3500 \cdot 10^{-4})^2 = 1968,2 \text{ часа}, \end{aligned}$$

Потери электроэнергии равны:

$$\Delta W_1 = \Delta P_{л} \cdot \tau = 5,22 \cdot 1968,2 = 10274 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$$

Значение потерь напряжения в линии для ТП, найдем по формуле:

$$\Delta U_1 = \frac{\sqrt{3} * 130 * 0,2(0,258 * 0,62 + 0,076 * 0,8)}{6000} * 100\% = 0,12\%.$$

Таким образом, КЛ выполнены кабелем марки 2хПвВнг(А)-LS 3×120 мм<sup>2</sup>. Произведем выбор кабелей для остальных потребителей 6 кВ. Результаты сведем в табл. 8 и 9.

Таблица 7 – Расчетные мощности потребителей 6 кВ

Наименование	Sp, кВА	Pp, кВт	Qp, кВАр	Cos f
ДМК – 0,25	125	87,5	89,2	0,7
ДСП - 0,5	630	504	378	0,8
ИСТ - 1	799	519,35	607,18	0,65

Таблица 8 – Выбор кабелей для потребителей 6 кВ

№ п/п	Наименование потребителя	$I_p$ , А	$I_{п/а}$ , А	$I_{доп}$ , А	Тип и количество кабеля	S, мм <sup>2</sup>
1	Т-1	130	260	279	2х ПвВнг(А)-LS 3×120	120
2	Т-2	130	260	279	2х ПвВнг(А)-LS 3×120	120

3	ДМК-0,25	12,04	–	112	2хПвВнг(А)-LS 3х16	16
4	ДСП – 0,5	60,69	–	122	2хПвВнг(А)-LS 3х16	16
5	ИСТ – 1	76,97	–	122	2хПвВнг(А)-LS 3х16	16

Определим потери мощности, электроэнергии и напряжения для потребителей 6 кВ.

Расчеты сведем в таблицу 9

Таблица 9 – Расчетные параметры КЛ для потребителей 6 кВ

Наименование	$\Delta P_{л,}$ кВт	$\Delta Q_{л,}$ кВАр	$W_{год}$ кВт·ч/год	$\Delta W_1$ кВт·ч/год	$\Delta U_1,$ %
Т-1	5,22	1,5	7308000	10274	0,12
Т-2	5,22	1,5	7308000	10274	0,12
ДМК – 0,25	0,022	0,006	306250	21,6502	0,015
ДСП - 0,5	0,56	0,166	2205000	551,096	0,086
ИСТ - 1	0,91	0,26	2796500	1791,22	0,09

### 2.6.1 Кабель ПвВнг(А)-LS 3×16 – 6 кВ

ПвВнг(А)-LS 3×16 – 6 кВ – это силовой кабель - 3 на 16 мм<sup>2</sup>, с медной жилой, изоляцией из сшитого полиэтилена, оболочкой из ПВХ пониженной пожарной опасности.

Номинальное переменное  
напряжение 6 кВ

Количество жил 3 жилы

Сечение размер 16 мм<sup>2</sup>



Рисунок 6 – Кабель ПвВнг(А)-LS 3х16 – 6 кВ

**2.6.2 Электрические характеристики ПвВнг(А)-LS 3х16**

Номинальное переменное напряжение	6 кВ
Номинальная частота	50 Гц
Индуктивное сопротивление	0,095 Ом/км
Активное сопротивление	1,56 Ом/км

**2.6.3 Токовая нагрузка ПвВнг(А)-LS 3х16**

Длительно-допустимые токовые нагрузки:

В нормальном режиме работы при 100% коэффициенте нагрузки в воздухе 104 А; на земле 112 А.

Расчет допустимых токовых нагрузок выполняют при следующих расчетных условиях:

- токовые нагрузки даны для переменного тока;
- температура окружающей среды при прокладке кабелей на воздухе 25 °С, при прокладке в земле 15 °С;
- глубина прокладки кабелей в земле 0,7 м;
- удельное термическое сопротивление грунта 1,2 км/Вт;
- при прокладке в воде кабелей с защитными покровами типа Кл значение токовой нагрузки в земле следует умножить на коэффициент  $K = 1,1$ .

**2.6.4 Ток короткого замыкания ПвВнг(А)-LS 3х16**

Допустимые токи короткого замыкания, соответствующие максимально допустимым температурам при коротком замыкании и продолжительности короткого замыкания, равной 1 с.

При продолжительности короткого замыкания, отличающейся от 1 секунды, значение будет равно  $K$ , где:  $K=1/\sqrt{t}$ ,  $t$  – продолжительность короткого замыкания в секундах.

Продолжительность протекания тока короткого замыкания не должна превышать 5 с.

**2.6.5 Общие технические характеристики ПвВнг(А)-LS**



### **3x16**

Минимально допустимый радиус изгиба при прокладке многожильного кабеля – 10 диаметров

Строительная длина 450 метров

Срок службы 30 лет

Гарантийный срок эксплуатации кабеля

5 лет

Температура окружающей среды при эксплуатации кабеля от -50°C до 50°C

Стойкость к воздействию повышенной относительной влажности при температуре окружающей среды до 35 °C 98%

#### **2.6.6 Расшифровка ПвВнг(А)-LS 3x16**

\* – отсутствие буквы А означает, что токопроводящая жила - медная

Пв – изоляция из сшитого полиэтилена

В – оболочка из поливинилхлоридного пластика

3 – трехжильный

НГ – не распространяет горение при групповой прокладке

16 – площадь поперечного сечения силовой жилы (мм<sup>2</sup>).

#### **2.6.7 Маркировка ПвВнг(А)-LS 3x16**

Изолированные жилы кабелей должны иметь отличительную расцветку. Расцветка должна быть сплошной или в виде продольной полосы шириной не менее 1 мм. Цвет изоляции жил многожильных кабелей должен соответствовать ГОСТ 31996-2012. Маркировка цифрами производится печатанием или тиснением и должна быть отчетливой. Цвет цифр при маркировке печатанием должен отличаться от цвета изоляции жилы. Цифры должны иметь одинаковый цвет.

Изоляция жилы меньшего сечения (нулевой) может быть любого цвета и может не иметь цифрового обозначения. Цвет изоляции жил должен

соответствовать ГОСТ 18410-73. При обозначении изолированных жил цифрами расстояние между ними не должно быть более 35 мм.

#### Конструкция ПвВнг(А)-LS 3х16

1. Три алюминиевых токопроводящих жилы с площадью поперечного сечения 16 мм<sup>2</sup>

Минимальное число проволок (круглая) жила 1шт

Диаметр жилы 5,2 мм

Электрическое сопротивление 1 км жилы при температуре 20 °С  
1,15 Ом

Масса алюминия в 1 метре жилы 0,136 кг

2. Изоляция из сшитого полиэтилена

3. Заполнение из ПВХ пластиката пониженной пожарной опасности - для придания кабелю практически круглой формы внутренние и наружные промежутки между изолированными жилами должны быть заполнены.

4. Внутренняя оболочка из поливинилхлоридного (ПВХ) пластиката пониженной пожарной опасности

5. Оболочка из ПВХ пластиката пониженной пожарной опасности

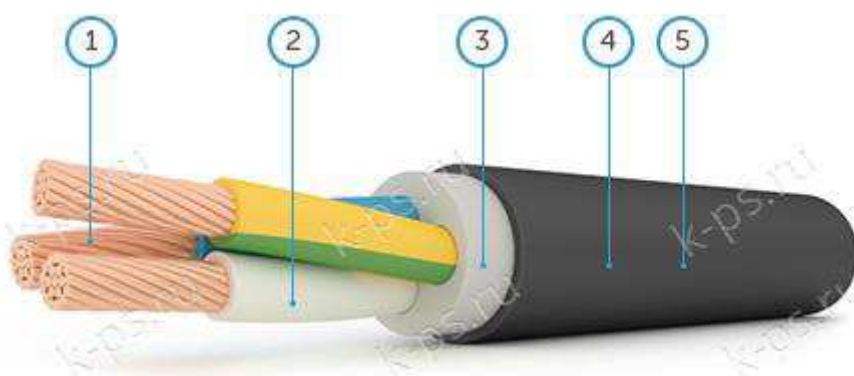


Рисунок 7 – Конструкция ПвВнг(А)-LS 3х16

#### 2.6.8 Применение ПвВнг(А)-LS 3х16

- Кабели предназначены для передачи и распределения электрической энергии в стационарных установках в электрических сетях на номинальное напряжение 6 кВ номинальной частотой 50 Гц.

- Допускается разность уровней между высшей и низшей точками расположения кабеля не более 20 м.
- Для прокладки в земле (траншеях) с низкой и средней коррозионной активностью, в шахтах не опасных по газу и пыли, в помещениях (туннелях), каналах, коллекторах, производственных помещениях, в т.ч. пожароопасных, по эстакадам и мостам.
- Для одиночной прокладки в кабельных сооружениях и производственных помещениях. Групповая прокладка разрешается только в наружных электроустановках и производственных помещениях, где возможно лишь периодическое присутствие обслуживающего персонала, при этом необходимо применять пассивную огнезащиту.

## **2.7 Схема электрических соединений трансформаторной подстанции**

Выбранная трансформаторная подстанция для питания АО «ЧРМЗ» на стороне высокого напряжения имеет 12 ячеек. Распределительное устройство 6 кВ, ТП АО «ЧРМЗ» состоит из ячеек КСО-216 Т.

Первая ячейка – РУ – 6 кВ;

Вторая ячейка – ДМК-0,25;

Третья ячейка – ДСП – 0,5;

Четвертая ячейка – трансформатора Т-1;

Пятая ячейка – ТН-6-1;

Шестая ячейка – секционного выключателя;

Седьмая ячейка – секционного разъединителя;

Восьмая ячейка – ТН-6-2;

Девятая ячейка – трансформатора Т-2;

Десятая ячейка – ИСТ – 1;

Одиннадцатая ячейка – резерва;

Двенадцатая ячейка – ввода 2.

Так же РУ–6 кВ состоит из двух секций сборных шин.

Основное силовое оборудование РУ – 6 кВ:

- трансформаторы тока ТШ-ЭК-0,66-400/5;
- трансформаторы тока ТОЛ-10-400/5;
- силовые трансформаторы ТСЗЛ ZUCCHINI 2500/6/0,4;
- ограничители перенапряжения RSTI-SA;
- высоковольтные выключатели CKSV;
- трансформаторы напряжения 3хЗНОЛП.

Силовые трансформаторы.

В результате расчетов были выбраны два трансформатора типа ТСЗЛ ZUCCHINI 2500/6/0,4.

Описание РУ – 0,4.

Распределительное устройство 0,4 кВ, АО «ЧРМЗ» состоит из следующих элементов:

- трансформаторов тока ТА4А-ТА4С;
- трансформаторов тока ТА2А-ТА2С;
- счетчиков учета электрической энергии МИР С-03.05D-EBN-RR-1Т-Н;
- две секции сборных шин;
- 31 фидер;
- вольтметров и амперметров;
- автоматических выключателей ВА ЗР С63А и других типов.

## **2.8 Проверка оборудования по токам короткого замыкания**

Условия для проверки СКSC высоковольтного выключателя сведем в табл.3.4 [9].

Рассчитываем расчетный ток:

$$I_{\text{расч}} = \frac{S_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3}U_{\text{НОМ}}} = \frac{2699}{\sqrt{3} * 6} = 260 \text{ А}$$

Проверяем выключатель по отключающей способности.

Согласно ГОСТа 687-78Е отключающая способность выключателя представлена тремя показателями:

- номинальным током отключения  $I_{откл.}$ ;
- допустимым относительным содержанием апериодической составляющей тока  $\beta_{ном}$ ;
- нормированные параметры восстанавливающего напряжения.

1. Определяем номинальный ток отключения  $I_{откл.}$  и  $\beta_{ном}$  отнесенные к времени  $\tau$  – времени отключения выключателя, равно:

$$\tau = t_{3_{min}} + t_{с.в} = 0,01 + 0,048 = 0,058 \text{ (сек)}$$

где:

$t_{3_{min}}=0,01$  сек. – минимальное время действия релейной защиты (в данном случае, быстродействующей защитой является токовая отсечка (ТО));

$t_{с.в}$  – собственное время отключения выключателя (согласно каталожных данных на выключатель LF1 равно 48 мс или 0,048 сек).

2. Номинальный ток отключения  $I_{откл.}$ , находим по каталогу:  $I_{откл.}=25$  кА.

3. Рассчитываем апериодическую составляющую тока короткого замыкания:

$$i_{a.\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{н.о.} \cdot e^{\frac{-\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 7,625 \cdot e^{\frac{-0,058}{0,01}} = 0,033(\text{кА})$$

где:  $I_{н.о.}=7,625$  кА – расчетный ток короткого замыкания на шинах 6 кВ.

Постоянную времени  $T_a$  выбираем согласно таблицы для распределительных сетей напряжением 6 – 10 кВ  $T_a=0,01$ .

4. Определяем апериодическую составляющую в отключении тока при времени  $\tau=0,058$  сек.

$$i_{a.ном} = \sqrt{2} \cdot \beta_{ном} \cdot I_{откл.} = \sqrt{2} \cdot 0,25 \cdot 25 = 8,8(\text{кА})$$

где:  $\beta_{ном}$  – допустимое относительное содержание апериодической составляющей.

5. Определяем тепловой импульс, который выделяется при токе короткого замыкания:

$$B_k = I_{n.o}^2 \cdot (t_{откл} + T_a) = 7,625^2 \cdot (0,08 + 0,01) = 5,23(\text{кА}^2 \cdot \text{с})$$

где:

$$t_{откл.} = t_{р.з.} + t_{о.в.} = 0,01 + 0,07 = 0,08 \text{ сек.}$$

$t_{р.з.}$  – время действия основной защиты (токовая отсечка) трансформатора, равное 0,01 сек.

$t_{о.в.}$  – полное время отключения выключателя LF1 выбирается из каталога, равное 0,07 сек.

6. Проверяем на электродинамическую стойкость по условию:

$$i_y = 8,8 \text{ кА} \leq i_{пр.с} = 64 \text{ кА} \text{ (условие выполняется)}$$

где:  $i_y = 8,8 \text{ кА}$  – расчетный ударный ток КЗ;

$i_{пр.с} = 64 \text{ кА}$  – ток динамической стойкости, выбирается из каталога.

7. Определим предельный термический ток термической стойкости, исходя из каталога:

При этом должно выполняться условие:

$$B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 5,23 \leq 25^2 \cdot 3 = 5,23 \leq 1875(\text{кА}^2 \cdot \text{с})$$

$I_{тер.} = 25 \text{ кА}$  – предельный ток термической стойкости, выбранный по каталогу;

$t_{тер} = 3 \text{ сек.}$  – длительность протекания тока термической стойкости, согласно каталогу.

Таблица 10 – Проверка высоковольтного выключателя СК5С

Расчетные данные	Каталожные данные	Условие выбора	Примечание
	Выключатель LF1		
$U_{уст} = 6 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 6 \text{ кВ}$	$U_{уст} \leq U_{ном}$	условие выполняется
$I_{расч} = 260 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$	$I_{расч} < I_{ном}$	условие выполняется
$I_{п.о} = 7,625 \text{ кА}$	$I_{откл} = 25 \text{ кА}$	$I_{п.о} \leq I_{откл}$	условие выполняется
$i_{а.т} = 0,033(\text{кА})$	$i_{а.ном} = 8,8(\text{кА})$	$i_{а.т} \leq i_{а.ном}$	условие выполняется
$i_y = 20,553 \text{ кА}$	$i_{пр.с} = 64 \text{ кА}$	$i_y \leq i_{пр.с}$	условие выполняется

$B_k = 5,23(\text{кА}^2 \cdot \text{с})$	$I_{\text{мер}}^2 \cdot t_{\text{мер}} = 1875(\text{кА}^2 \cdot \text{с})$	$B_k \leq I_{\text{мер}}^2 \cdot t_{\text{мер}}$	условие выполняется
--	--	--	---------------------

По результатам проверки высоковольтный выключатель СККС соответствует условиям выбора.

### 2.8.1 Выбор трансформаторов тока

На напряжении 6 кВ выбираем трансформаторы тока ТШ-ЭК -0,66-400/5 и ТОЛ-10-400/5.

Трансформаторы тока шинные ТШ-ЭК -0,66 изготавливаются по ТУ 3414-016-52889537-13.

Интервал между поверками 8 лет.

Срок службы не менее 30 лет.

Гарантийный срок эксплуатации 5 лет.

Трансформаторы по конструктивному исполнению являются шинными, с вторичными обмотками для измерения и защиты, с одним или несколькими коэффициентами трансформации, получаемыми путем изменения числа витков вторичной обмотки переключением на соответствующие ответвления. Первичной обмоткой служит токоведущий кабель или токоведущая шина. Высоковольтная изоляция обеспечивается за счет собственной изоляции кабеля и воздушного зазора.

Трансформаторы ТОЛ-10 используются в комплектных распределительных устройствах (КРУ). Они необходимы для передачи сигнала измерительной информации измерительным приборам и (или) устройствам защиты и управления, для изолирования цепей вторичных соединений от высокого напряжения в электрических установках переменного тока на класс до 10 кВ частоты 50 или 60 Гц.

Трансформаторы тока предназначены для присоединения реле защиты и измерительных приборов: амперметра, вольтметра, счетчиков активной и реактивной энергии.

Таблица 11 – Каталожные данные трансформаторов тока ТШ-ЭК

Тип	$U_{\text{ном}}$ , кВ	$U_{\text{ном. раб.}}$ , кВ	$I_{\text{ном}}$ , А		Класс точности,
			первичный	вторичный	
ТШ-ЭК	0,66	0,72	400	5	0,5

Таблица 12 – Каталожные данные трансформаторов тока ТОЛ

Тип	$U_{\text{ном}}$ , кВ	$U_{\text{ном. раб.}}$ , кВ	$I_{\text{ном}}$ , А		Класс точности	Ток эл.динам. стойкости, кА
			первичный	вторичный		
ТОЛ-10	10	12	400	5	0,5	100

### 2.8.2 Выбор трансформаторов напряжения

Трехфазная антирезонансная группа трансформаторов напряжения 3хЗНОЛ(П)-6(10) применяется в комплектных устройствах внутренней и наружной установки (КРУ, КРУН, КСО) переменного тока на класс напряжения до 15 кВ и является комплектующим изделием. В трехфазной сети трансформаторы группы включаются на фазное напряжение.

Трансформаторы предназначены:

- для передачи сигнала измерительной информации измерительным приборам и устройствам защиты, автоматики, сигнализации и управления;
- для коммерческого учета электроэнергии;
- для изолирования цепей вторичных соединений от высокого напряжения.



Трансформаторы напряжения выбираются:

- по напряжению установки  $U_{уст} \leq U_{ном}$  ;
- по конструкции и схеме соединения обмоток;
- по классу точности;
- по вторичной нагрузке:

$$S_{2\Sigma} \leq S_{ном}$$

где  $S_{ном}$  - номинальная мощность в выбранном классе точности;

$S_{2\Sigma}$  - нагрузка всех измерительных приборов и реле, присоединенных к трансформатору напряжения, В·А.

Таблица 13 – Каталожные данные трансформаторов напряжения

Наименование параметра	Значение параметра
	3хЗНОЛ-НТЗ-6; 3хЗНОЛП-НТЗ-6
1 Класс напряжения по ГОСТ 1516.3, кВ	6
2 Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2
3 Номинальное напряжение на выводах первичной обмотки, кВ	6, 6,3, 6,6, 6,9
4 Номинальное линейное напряжение на выводах основной вторичной обмотки, В	100
5 Номинальные классы точности основной вторичной обмотки	0,2; 0,5; 1; 3
6 Номинальная трехфазная мощность, ВА в классах точности:	
0,2	30, 45, 75, 90
0,5	90, 150, 225
1	150, 225, 300, 450, 600
3	450, 600
7 Предельная мощность трансформатора вне класса точности,	1200

ВА	
----	--

Окончание таблицы 13

6 Номинальная трехфазная мощность, ВА в классах точности:	
0,2	30, 45, 75, 90
0,5	90, 150, 225
1	150, 225, 300, 450, 600
3	450, 600
7 Предельная мощность трансформатора вне класса точности, ВА	1200
8 Мощность нагрузки на выводах разомкнутого треугольника дополнительной вторичной обмотки при напряжении 100В и коэффициенте мощности нагрузки 0,8 (характер нагрузки индуктивный), ВА	400
Номинальная частота*, Гц	50*
Напряжение на выводах разомкнутого треугольника дополнительных вторичных обмоток: При симметричном режиме работы сети, В, не более: При замыкании одной из фаз сети на землю, В	3В От 90 до 110
Группа соединения обмоток	УНР/УН/п – 0
Тип резисторов R1, R2, R3	HSC100 Тусо Electronics 2,7-3,3кОм( допуск. Замена на С5-35В, 100Вт,3кОм ± 5%)

Группа соединения обмоток	УНР/УН/П – 0
---------------------------	--------------

## 2.9 Анализ качества напряжения и расчет отклонения напряжения

Выполним оценку качества напряжения для максимального, минимального и послеаварийного режимов. Результаты расчетов сведем в таблицы 14 – 16.

В минимальном режиме работы расчетная нагрузка равна:

$$P_{\min} = 0,6 \cdot P_{\max}, \quad (16)$$

Потери в трансформаторе КТП определяются выражением:

$$\Delta U_{\text{тр}} = \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi), \quad (17)$$

где  $\beta$  – коэффициент загрузки,  $U_a, U_p$  – соответственно активная и реактивная составляющие напряжение короткого замыкания:

$$U_p = \sqrt{U_K^2 - U_a^2}, \quad (18)$$

$$U_a = \Delta P_{\text{к.з.}} / S_{\text{ном.тр.}} \cdot 100. \quad (19)$$

Таблица 14 – Определение отклонения напряжения в максимальном режиме работы

Наименование параметра		ТП
Режим макс/мин/ПА		макс
напряжение на источнике питания		6300
отклонение напряжения, %		5
параметры кабеля 6 кВ	г, Ом/км	0,258
	х, Ом/км	0,076
	L, км	0,200
нагрузка кабеля	P, кВт.	2093,22
	Q, кВар.	1687,5
напряжение на шине ВН Тр		6292,8
отклонение напряжения, %		4,88
нагрузка т-ра	P, кВт.	2088
	Q, кВар.	1686

напряжение в узле, В.	6163,8
отклонение напряжения, %	2,73

Таблица 15 – Определение отклонения напряжения в минимальном режиме работы

Наименование параметра		ТП
Режим макс/мин/ПА		макс
напряжение на источнике		6000
отклонение напряжения, %		0
параметры кабеля 6 кВ	г, ом/км	0,258
	х, ом/км	0,076
	L, км	0,200
нагрузка кабеля	P, кВт.	1256
	Q, кВАр.	1012,5
напряжение на шине ВН Тр		5995,7
отклонение напряжения, %		-0,07
нагрузка т-ра	P, кВт.	1252,8
	Q, кВАр.	1011,6
напряжение в узле, В.		5918,3
отклонение напряжения, %		-1,36

Таблица 16 – Определение отклонения напряжения в послеаварийном режиме работы

Наименование параметра		ТП
Режим макс/мин/ПА		макс
напряжение на источнике		6600
отклонение напряжения, %		10
параметры кабеля 6 кВ	г, ом/км	0,258
	х, ом/км	0,076
	L, км	0,200
нагрузка кабеля	P, кВт.	4186,4
	Q, кВАр.	3375
напряжение а шине ВН Тр		6585,6
отклонение напряжения, %		9,76
нагрузка т-ра	P, кВт.	4176
	Q, кВАр.	3372
напряжение в узле, В.		6327,6
отклонение напряжения, %		5,46

Согласно произведенным расчетам на всех трансформаторах ТП в режиме максимальной нагрузки и режиме минимальной нагрузки, а также в послеаварийном режиме работы напряжение на стороне НН входит в пределы допустимых отклонений.

### **3. Практическая часть**

#### **3.1. Мероприятия по повышению надежности электроснабжения ремонтного механического завода**

Электрическое оборудование промышленных предприятий в процессе эксплуатации оказывается под воздействием разнообразных факторов:

- высокой влажности;
- агрессивных сред;
- пыли;
- атмосферных явлений (осадков, гроз, ветра);
- механической и электрической нагрузок.

При этом происходят изменения основных свойств электроизоляционных, проводниковых и конструкционных материалов электроустановок, приводящие к возникновению коротких замыканий, пробоев изоляции, механическим повреждениям, вызывающим отключения электроустановок или электросетей, т.е. к перерыву в подаче электроэнергии [28].

Перерывы электроснабжения приводят к простою производства, снижению объема выпуска продукции, увеличению затрат за счет порчи основного оборудования, простоя рабочей силы, увеличения расхода сырья и материалов, восстановления отказавших электроустановок и т.п. В связи с этим возникает необходимость в объективной оценке способности систем электроснабжения обеспечить бесперебойность работы и подачи электроэнергии при некотором уровне затрат на строительство и эксплуатацию (ремонт и обслуживание). На этой основе принимают решение

о выборе способов повышения бесперебойности электроснабжения – резервирование от различных источников, увеличение числа и продолжительности технического обслуживания, повышения его качества и др. [9].

### **3.2 Проверка на соответствие требованиям СЭС**

К требованиям СЭС, предъявляемых к системам электроснабжения промышленных объектов относятся:

– безопасность. Системы электроснабжения и все без исключения их элементы (включая электроприемники) должны быть построены и выполнены таким образом, чтобы они не создавали какой-либо опасности для жизни и здоровья людей (рабочих в цехах промпредприятий, жителей городов и сел, работников животноводческих ферм и др.).

Данное требование соблюдено АО «ЧРМЗ», так как все кабельные линии, проходящие по территории предприятия проложены в кабельных траншеях, что исключает возможность их повреждения или попадания рабочих и персонала под воздействие напряжения;

– экологичность. В различных режимах (нормальных, аварийных) и при проведении различных работ (строительных, монтажных, ремонтно-восстановительных) СЭС и их оборудование не должны вызывать загрязнения окружающей среды.

Данное требование соблюдено АО «ЧРМЗ», так как наиболее вероятным источником загрязнения может являться трансформаторное масло, в случае его утечки. Для предотвращения такой аварийной ситуации, места установки трансформаторов Т-1 и Т-2 оборудованы специальными маслоприемниками (рис. 8);



Рисунок 8 – Маслоприемник силового трансформатора

– надежность. Наиболее высокие требования к надежности СЭС в промышленности. На некоторых предприятиях имеются такие электроприемники, внезапный перерыв электропитания которых может приводить к возникновению опасности для жизни и здоровья людей, например, к взрывам и пожарам. Здесь требования к надежности максимальны. На большинстве предприятий требования к надежности ниже. Но в любом случае необходимый уровень надежности СЭС определяется требуемым уровнем надежности электропитания электроприемников. В соответствии с ПУЭ все электроприемники подразделяются на три категории. Каждая категория формулирует свои требования к надежности.

Данное требование соблюдено и разработано в п. 3.1 настоящего проекта;

– экономичность. Для заданного уровня безопасности, надежности и экологичности система электроснабжения должна иметь минимальные затраты на сооружение, монтаж и эксплуатацию.

Данное требование так же соблюдено, так как расчет системы электроснабжения производился с учетом оптимизации затрат на реконструкцию;

– возможность развития во времени. Например, в цехах промышленных предприятий в связи с реконструкцией технологического процесса возможна перестановка технологического оборудования, что не должно вызывать серьезных перестроек СЭС.

Данное требование заложено на стадии проектирования системы электроснабжения АО «ЧРМЗ»;

– удобство эксплуатации и управления. Все необходимые свойства СЭС (безопасность, надежность, экономичность и др.) поддерживаются в процессе эксплуатации за счет управления в широком смысле: ремонта, обслуживания, модернизации и др. Системы электроснабжения должны быть приспособлены для проведения таких работ.

Данное требование заложено на стадии проектирования системы электроснабжения АО «ЧРМЗ»;

– эстетичность. При проектировании и построении систем электроснабжения необходимо учитывать «вписываемость» элементов СЭС в архитектурный облик зданий и сооружений, во внутренний интерьер.

Данное требование не соблюдено, так как строительство АО «ЧРМЗ» проводилось в 1927 году. В то время такого требования не существовало. Поэтому, необходимо провести реконструкцию зданий и сооружений АО «ЧРМЗ». Для этого нужно разработать проект реконструкции зданий и сооружений АО «ЧРМЗ» с учетом их эстетичности.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В проделанной работе были решены следующие задачи:

1. Описаны методы и методики расчета электрических нагрузок промышленного объекта.

2. В работе дана классификация электроприемников АО «Черногорский РМЗ».

3. Перечислены причины реконструкции АО «Черногорский РМЗ». К таким причинам относятся:

– ухудшение технического состояния силового оборудования системы электроснабжения, которое является одной из основных причин выхода из строя и перерывов в электроснабжении;

– моральный износ оборудования системы электроснабжения АО «Черногорский РМЗ»;

– повышение надежности системы электроснабжения и качества электроэнергии АО «Черногорский РМЗ»;

– снижение потерь электроэнергии и как следствие затрат на эксплуатацию.

4. В аналитической части работы дана характеристика предприятия. Было показано, что АО «Черногорский РМЗ» имеет собственные производственные цеха, гаражные боксы, используются профессиональные металлорежущие станки, оборудование и инструменты, стенды для испытания оборудования и электрических машин после проведения ремонта.

5. Была определена расчетная электрическая нагрузка цехов.

6. Произведен расчет картограммы электрических нагрузок. В результате расчетов было установлено, что центр электрических нагрузок должен располагаться по следующим координатам:  $X = 266$  м,  $Y = 217$  м.

7. Произведен выбор числа и мощности трансформаторов. В результате расчетов были выбраны два трансформатора типа ТСЗЛ ZUCCHINI 2500/6/0,4.

8. Был произведен выбор кабеля питающих ТП и кабелей потребителей 6 кВ.

9. Было приведено описание источников питания.

10. Проведена проверка высоковольтного оборудования ТП АО «ЧРМЗ».

11. Выполнен расчет анализа качества напряжения в максимальном, минимальном и послеаварийном режимах и определены отклонения напряжения в электрической сети.

12. Проведена проверка системы электроснабжения АО «Черногорский РМЗ» на соответствие требованиям СЭС.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила устройства электроустановок. – М.: Госторгиздат, 2015. – 144 с.
2. Брадис В.М. Четырехзначные математические таблицы для средней школы. Изд. 57-е. – М.: Просвещение, 1990. С. 83.
3. ГОСТ 31996-2012. Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение 0,66; 1 и 3 кВ. Общие технические условия.
4. СНиП 23-05. Естественное и искусственное освещение.
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
6. Григорьева, Е.В. Оформление текстового документа для дипломного и курсового проектирования: – Методическое пособие, переработанное: АТЭМК2. МР0714.002/ Е.В. Григорьева, Н.Н. Силенок. – СПб ГБОУ СПО «АТЭМК», 2014.
7. Рожкова, Л.Д., Козулин, В.С. Электрооборудование станций и подстанций/ Л.Д. Рожкова, В.С. Козулин.– М: Энергоатомиздат, 2008 – 448 с.
8. Фёдоров, А.А., Старкова, Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования, М: Энергоатомиздат, 2010. – 243 с.
9. Электротехнический справочник в 4-х томах. Том 3/Под общей редакцией профессоров МЭИ / – М: Изд-во МЭИ, 2006.
10. Наумов, И.В., Лещинская, Т.Б., Бондаренко, С.И. Проектирование систем электроснабжения: Справочник / И.В. Наумов. – Иркутск: Иркутский гос. ун-т, 2011. – 325 с.
11. Барыбин, Ю.Г. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М: Энергоатомиздат, 2009. – 576 с.
12. СНиП 3.05.06-85 «Электротехнические устройства».

13. СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования».
14. Гуревич, Ю.Е. Особенности электроснабжения, ориентированного на бесперебойную работу промышленного потребителя / Ю.Е. Гуревич, К.В. Кабиков. – М.: Торус Пресс, 2015. – 408 с.
15. Кудрин, Б. И. Электроснабжение / Б.И. Кудрин. – М.: Academia, 2012. – 352 с.
16. Куско, А. Сети электроснабжения. Методы и средства обеспечения качества энергии / А. Куско, М. Томпсон. – М.: Додэка XXI, 2011. – 336 с.
17. Миллер, Г. Р. Автоматизация в системах электроснабжения промышленных предприятий / Г.Р. Миллер. – М.: Государственное энергетическое издательство, 2012. – 176 с.
18. Полуянович, Н. К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий / Н.К. Полуянович. – М.: Лань, 2012. – 400 с.
19. Рассел, Джесси Трёхфазная система электроснабжения / Джесси Рассел. – М.: Книга по Требованию, 2012. – 288 с.
20. Свириденко, Э. А. Основы электротехники и электроснабжения / Э.А. Свириденко, Ф.Г. Китунович. – М.: Техноперспектива, 2016. – 436 с.
21. Том 1. Справочник энергетика строительной организации: Электроснабжение организации / ред. В.Г. Сенчев. – Л.: Стройиздат; Издание 2-е, перераб. и доп., 2011. – 640 с.
22. Фролов, Ю. М. Основы электроснабжения / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. – М.: Лань, 2012. – 480 с.
23. Хорольский, В. Я. Надежность электроснабжения / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов. – М.: Форум, Инфра–М, 2013. – 128 с.
24. Хорольский, В. Я. Эксплуатация систем электроснабжения / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов. – М.: Дрофа, 2013. – 288 с.

25. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения / В.П. Шеховцов. – М.: Форум, Инфра–М, 2010. – 216 с.

26. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. Учебное пособие / В.П. Шеховцов. – М.: Форум, 2014. – 216 с.

27. Шеховцов, В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению / В.П. Шеховцов. – М.: Форум, Инфра-М, 2014. – 136 с.

28. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Энергия, 2012. – 387 с.

Бакалаврская работа выполнена мной самостоятельно. Использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

Отпечатано в   1   экземпляре.

Библиография 28 наименований.

Электронный экземпляр сдан на кафедру.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_  
(дата)

\_\_\_\_\_  
(подпись)


Боробов Н.В.  
(ФИО)

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО  
«Сибирский федеральный университет»  
институт

«Электроэнергетика»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой

  
подпись


Г.Н. Чистяков  
инициалы, фамилия

«27» 07 2020 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
код – наименование направления

Реконструкция системы электроснабжения АО «Черногорский ремонтно-  
механический завод»  
тема

Руководитель  27.07.20 доцент, к.э.н.  
подпись, дата должность, ученая степень

Н. В. Дулесова  
инициалы, фамилия

Выпускник  27.07.2020  
подпись, дата

Н.В. Боробов  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер  27.07.20  
подпись, дата

И.А. Кычакова  
инициалы, фамилия

Абакан 2020