

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код и наименование направления подготовки, специальности)
Электроснабжение
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему «Проектирование электроснабжения предприятия по производству шкафов электрооборудования»

Студент

М.В. Воронцов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.А. Нагаев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

Выпускная квалификационная работа (ВКР) бакалавра выполнена на тему «Проектирование электроснабжения предприятия по производству шкафов электрооборудования».

Основной целью работы является создание проекта электроснабжения с целью определения экономических затрат. В работе проведены:

- анализ объекта и систематизация полученной информации;
- расчёты электрических нагрузок электроприемников и освещения;
- выбор схемы электроснабжения;
- выбор необходимого оборудования для функционирования системы;
- предварительный анализ затрат с учетом работ.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки объемом 61 страниц, 13 таблиц, 9 рисунков, 24 использованных источников, включая 7 иностранных источников и 6 листов графической части формата А1.

Содержание

Введение	4
1 Анализ характеристик объекта проектирования	5
1.1 Информация о предприятии	5
1.2 Сведения о потребителях предприятия	6
2 Расчёт потребляемой мощности предприятия	8
2.1 Светотехнический расчёт	8
2.2 Выбор схем электроснабжения и распределение потребителей по группам	14
2.3 Расчёт потребления потребителей предприятия	16
3 Выбор основных элементов системы электроснабжения	31
3.1 Выбор КТП	31
3.2 Выбор распределительных щитов и щитов освещения	32
3.3 Выбор защитной аппаратуры	33
3.4 Выбор проводников	39
3.5 Расчет токов короткого замыкания	42
4 Предварительный анализ затрат	53
Заключение	56
Список используемых источников и литературы	58

Введение

Сложно представить жизнь современного человека в индустриальном городе без электричества. Множество трудностей, с которыми сталкивались наши предки, были решены с помощью данного вида энергии. Но всё же сложнее представить высокоэффективное производство без электричества. Множество процессов осуществляемых людьми на производстве были заменены электрическими машинами. В связи, с чем скорость и качество производимой продукции выросло в геометрической прогрессии. Для создания высокоэффективного производства требуется правильное и рациональное обеспечение его электроэнергией.

Объектом выпускной квалификационной работы является предприятие ООО «ЭТС». Компания располагается на данный момент на территории города Тольятти, где и осуществляет свою деятельность. Сейчас они рассматривают возможность вступления в особую экономическую зону города и расширения. Для достижения данной цели им понадобится осуществить переезд на территорию экономической зоны.

Целью ВКР является создание проекта электроснабжения предприятия ООО «ЭТС» на территории особой экономической зоны. Для достижения данной цели поставлены следующие задачи:

- провести анализ характеристик объекта;
- выполнить расчет электрических нагрузок предприятия;
- выбор схемы электроснабжения и заземления;
- выбрать основного оборудования системы электроснабжения;
- провести предварительный анализ затрат.

В процессе разработки требуется использовать современные методы проектирования, учитывать нормативные требования и стандарты в части электроснабжения. Поэтому будут изучены актуальные на сегодняшний день источники научно-технической литературы в сфере электроснабжения.

1 Анализ характеристик объекта проектирования

1.1 Информация о предприятии

ООО "ЭТС" специализируется на проектировании и производстве электрощитов, ящиков управления, шкафов автоматики и другой электрощитовой продукции для различных сфер деятельности. По мимо сборки продукции предприятие осуществляет испытание на разработанных фирмой стендах.

Данная компания планирует осуществить переезд для расширения и получения дополнительных льгот в особой экономической зоне (ОЭЗ) Тольятти. Сейчас у компании имеется определенный набор оборудования, который она использует, но также планируется расширить данный список.

В предварительном проекте нового здания имеются следующие помещения:

1. Склад. Размеры 50x40x8 м. Предназначен для приемки и хранения комплектующих. В помещении имеется мостовой кран, помещение для вентиляции и рабочее служебное место кладовщиков, оборудованное кондиционером. Ворота оборудованы электроприводами.

2. Сборочный цех. Размеры 30x40x8 м. Предназначен для выполнения сборки заказов и доработок комплектующих в случае отклонений от требуемых норм или по пожеланиям заказчика. С этой целью в данном помещении имеется покрасочный, сварочный, станочный, сборочный участки, с определённым видом оборудования в каждом из них. В сборочном участке имеется рабочее место сборщиков для подключения или зарядки требуемого инструмента при выполнении работы.

3. Испытательная лаборатория. Размеры 20x40x8 м. Предназначена для испытания продукции на стендах собственного производства фирмы и доработки в случае обнаружения неисправностей в продукции. На территории лаборатории находится вентиляционная и щитовая.

4. Склад готовой продукции. Размеры 40x40x8 м. В данном помещении производится выгрузка и хранение готовой продукции. Имеется рабочее место для кладовщиков, оборудованное кондиционером, вентиляционная. Аналогично, как и склад имеет приводы ворот и мостовой кран.

5. Административно-технический центр. Центр имеет два этажа размерами 60x20x4 м. На первом этаже имеется санузел, раздевалка для персонала, буфет. На втором этаже также имеется санузел, отдел бухгалтерии, приемная директора, переговорная, рабочие места инженерно-технического персонала среди которых инженеры-конструкторы, инженеры-технологи и другие, также имеется серверное помещение.

1.2 Сведения о потребителях предприятия

ООО «ЭТС» владеет разнообразным спектром оборудования для сборки и проведения испытаний своей продукции.

Потребители сведены в таблицу 1.

Таблица 1 - Список потребителей предприятия

№ На плане	Наименование	Потребляемая мощность, P_n , кВт	Количество	Примечание
1	Гидравлический вертикально-гибочный пресс Metal Master HPJ 32100Ks	7,5	1	
2	Ножницы гильотинные гидравлические FORB-K 6x3200	7,5	1	
3	Станок сверлильный Ставр СС-16/550	0,55	2	1-фазный
4	Печь сопротивления Сикрон	90	1	

Продолжение таблицы 1

№ На плане	Наименование	Потребляемая мощность, P_n , кВт	Количество	Примечание
5	Сварочный аппарат Ресанта САИ 220	6,6	2	1-фазный ПВ=70%
6	Станок токарно-винторезный Stalex WL-330B/750	1,65	1	
7	Сетевой краскопульт ЗУБР КПЭ-500	0,5	1	1-фазный
8	Камера полимеризации порошковых покрытий	24	1	
9	Рабочее место сборщика*	2,5	3	
10	Испытательный стенд №1*	1,5	1	
11	Испытательный стенд №2*	4,5	3	
12	Рабочее место административно-технического персонала*	0,7	31	
13	Шкаф серверный*	3	1	
14	Кондиционер	5	9	
15	Мостовой кран 2 т	7,74	2	ПВ=40%
16	Система вентиляции*	3	3	
17	Электропривод ворот*	2	4	
18	Водонагреватель Ariston ABS VLS EVO PW 30 D	2,5	2	1-фазный
*- значение предоставлено представителем предприятия				

Для потребителей «Рабочее место сборщика», «Рабочее место административно-технического персонала» представлены среднее значение потребления.

2 Расчёт потребляемой мощности предприятия

Расчёт потребляемой мощности будет состоять из светотехнического расчёта и максимального потребления потребителей, описанных в разделе 1.2.

2.1 Светотехнический расчёт

Светотехнический расчёт будет производиться в программном обеспечении DIALux EVO v9.0. Данные объектов указаны в разделе 1.1 и на общем плане расположения оборудования. Отдельные элементы помещений в расчёте не рассматривались. Нормативы освещенности выбраны в соответствии с [1].

Каждое помещение предприятия имеет свои технологические особенности по освещению:

- Склады. Имеют высокие потолки, но имеется мостовой кран и возможно будет иметь высокие стеллажи, в связи с этим использование подвесных светильников не желательно. Поэтому светильники будут установлены на потолке.

- Сборочный цех и испытательная лаборатория. На данной территории будут производиться работы, требующие постоянной нагрузки на глаза работников, поэтому освещение требуется выполнить наиболее эффективно на рабочих местах, поэтому будут использоваться светильники на подвесах для уменьшения зоны рассеивания света.

- Инженерно-технический центр. Высота потолков соответствует стандартным, поэтому будут использоваться обычные светильники.

Так же исходя из требований и выполняемых функций определённого помещения нормы освещенности будут выбраны из источника [1].

Таблица 2 – Характеристики отдельных помещений

№	Наименование	Площадь, м ²	Норма освещенности, лк
Склад			
1	Склад	1850	200
2	Вентиляционная склада	50	200
3	Помещение работников склада	100	500
Сборочный цех			
4	Сборочный участок	200	500
5	Проходная сборочного участка	400	300
6	Сварочный участок	150	300
7	Покрасочный участок	150	500
8	Станочный участок	150	750
9	Участок термообработки	150	300
Испытательная лаборатория			
10	Испытательная лаборатория	350	500
11	Проходная в испытательной лаборатории	400	300
12	Вентиляционная испытательного участка	50	300
Склад готовой продукции			
13	Склад готовой продукции	1300	200
14	Вентиляционная склада	50	200
15	Щитовая	100	200
16	Помещение работников склада готовой продукции	100	500
Административно-технический центр. 1 этаж			
17	Санузел	50	300
18	Раздевалка	200	300
19	Буфет	100	300
20	Проходные 1 этажа	700	300

Продолжение таблицы 2

№	Наименование	Площадь, м2	Норма освещенности, лк
Административно-технический центр. 2 этаж			
21	Санузел	50	300
22	Бухгалтерия	100	500
23	Приемная директора	100	500
24	Инженерно-технические работники	200	500
25	Серверная	100	500
26	Переговорная	100	500
27	Проходные 2 этаж	500	300

Проведем расчёт освещенности в программном обеспечении DIALux EVO 9.0 и сведем полученные значения в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты расчёта в программном обеспечении DIALux EVO 9.

№	Объект	Освещенность, Лк		Светильник	Количество	Общее потребление группы, Вт
		Норма	Расчётная			
Склад						
1	Склад	200	230	НВА 400Н Р2	23	9200
2	Вентиляционная склада	200	217	НВА 250Н Р2	2	500
3	Помещение работников склада	500	561	Wave ECO LED 3М	21	1050
Итого на ЩО1						10750
Сборочный цех						
4	Сборочный участок	500	555	OPS 254	28	6496
5	Проходная сборочного участка	300	388	НВА 400Н Р2	8	3200
Итого на ЩО 2.3						9696
6	Сварочный участок	300	369	OPS 254	6	1392
7	Покрасочный	500	537	OPS 254	9	2088

	участок					
Итого на ЩО 2.1						3480

Продолжение таблицы 3

№	Объект	Освещенность, Лк		Светильник	Количество	Общее потребление группы, Вт
		Норма	Расчётная			
8	Станочный участок	750	862	OPS 254	20	4640
9	Участок термообработки	300	327	OPS 254	6	1392
Итого на ЩО 2.2						6032
Испытательная лаборатория						
10	Испытательная лаборатория	500	654	OPS 254	31	7192
11	Проходная в испытательной лаборатории	300	388	OPS 254	23	5336
12	Вентиляционная испытательного участка	200	226	НВА 250Н Р2	2	500
Итого на ЩО3						13028
Склад готовой продукции						
13	Склад готовой продукции	200	214	НВА 400Н Р2	14	5600
14	Щитовая	200	305	НВА 250Н Р2	2	500
15	Вентиляционная склада готовой продукции	200	230	НВА 250Н Р2	2	500
16	Помещение работников склада готовой продукции	500	501	Wave ECO LED 3М	21	1050
Итого на ЩО4						7650
Административно-технический центр. 1 этаж						
17	Санузел	300	366	Wave ECO LED 3М	8	400
18	Раздевалка	300	400	Wave ECO LED 3М	24	1200
19	Буфет	300	368	Wave ECO LED 3М	13	650
20	Проходные 1 этажа	300	324	Wave ECO LED 3М	64	3200
Итого на ЩО 5						5450
Административно-технический центр. 2 этаж						
21	Санузел	300	333	Wave ECO LED 3М	8	400
22	Бухгалтерия	500	506	Wave ECO LED 3М	21	1050

23	Приемная директора	500	585	Wave ECO LED 3M	24	1200
----	--------------------	-----	-----	-----------------	----	------

Продолжение таблицы 3

№	Объект	Освещенность, Лк		Светильник	Количество	Общее потребление группы, Вт
		Норма	Расчётная			
24	Инженерно-технические работники	500	523	Wave ECO LED 3M	40	2000
25	Серверная	500	506	Wave ECO LED 3M	20	1000
26	Переговорная	500	536	Wave ECO LED 3M	24	1200
27	Проходные 2 этаж	300	385	Wave ECO LED 3M	48	2400
Итого на ЩО 6						9250
Административно-технический центр. Лестничные площадки						
28	Лестничная площадка 1	300	303	HBA 250H P2	4	1000
29	Лестничная площадка 2	300	317	HBA 250H P2	4	1000
Лестничные светильники будут подключены через ЩО 5, поэтому добавим их к ЩО 5						5450+2000 =7450
Итого по предприятию:						67336

Приведем пример расчёта на здании «Склад: помещение работников склада». В программе начерчен чертеж (рисунок 1), после чего выбраны светильник и зона освещения (рисунок 2):

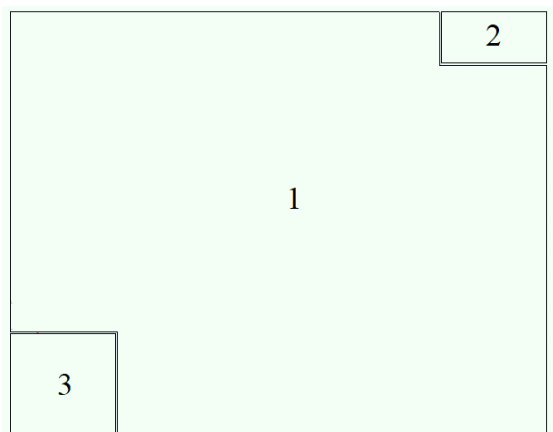


Рисунок 1 - Чертеж здания в программе DIALux EVO:

1- Склад,

2- Помещение вентиляции,

3-Помещение работников склада

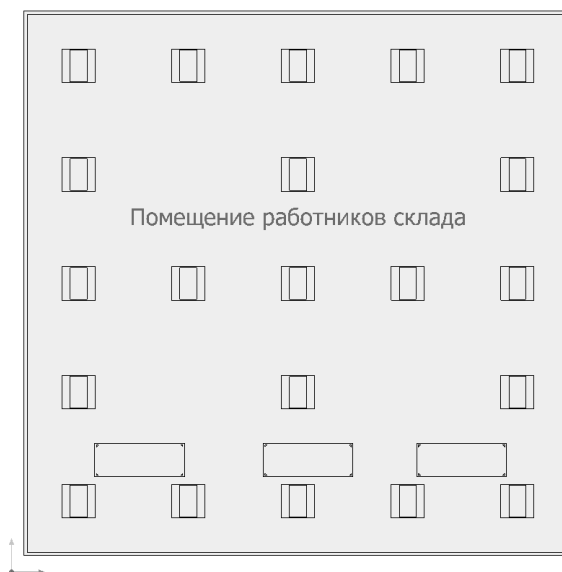


Рисунок 2 – Расположение светильников в помещении работников склада

Далее программными средствами получены данные об освещенности при использовании выбранного типа светильников и их расположения (рисунок 3). Полученный результат и расположение светильников можно рассмотреть на сгенерированной программой 3D моделью (рисунок 4):



Рисунок 3 – Резюме

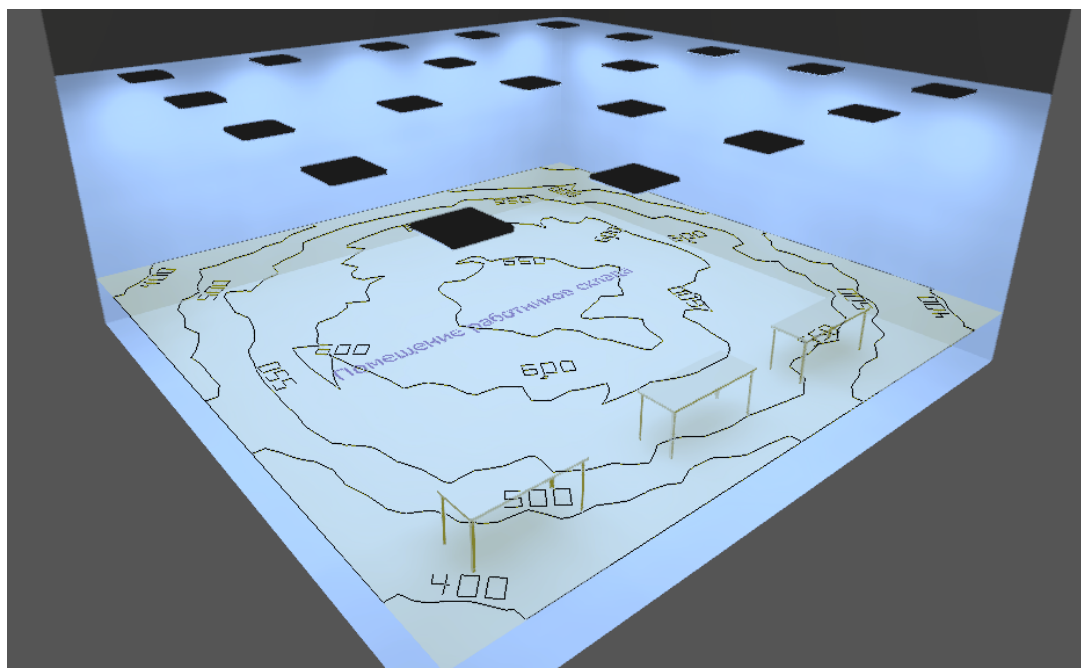


Рисунок 4 – 3D модель помещения

Итого номинальное потребление электроэнергии на освещение составляет $67336 \text{ Вт} = 67,336 \text{ кВт}$.

2.2 Выбор схем электроснабжения и распределение потребителей по группам

В качестве схемы внутрицехового электроснабжения выбрана радиальная схема. Это связано с тем, что потребители на предприятии подразделяются на одиночные трехфазные и групповые однофазные электроприемники, расположение которых неравномерно на территории предприятия.

Схема общей системы электропитания и заземления будет выполнена по схеме TN-C-S. Так как прокладка кабелей будет осуществляться через

металлические лотки, каждая секция лотков будет заземлена в начале и конце трассы, для исключения поражения людей электрическим током.

Заземление будет выполнено путем присоединения внутреннего контура заземления предприятия к главной заземляющей шине (шине РЕ в КТП) и повторного заземления данного контура при помощи естественных заземлителей здания.

Внутренний контур заземления предприятия будет выполнен из стальной ленты 5x40, проложенную по периметру помещения.

Система 380/220 В будет выполнена с глухозаземленной нейтралью трансформатора с пятипроводной электрической сетью.

Распределим потребителей по распределительным щитам (ЩР) исходя из их территориального расположения (Таблица 4)

Таблица 4 – Распределение потребителей по ЩР

Наименование щита	Подключаемые потребители
ЩР1.1	12,12,12, 14, 17,17
ЩР1.2	15,16
ЩР2.1	5,5,7,8
ЩР2.2	1,2,3,3,4,6
ЩР2.3	9,9
ЩР3	9,10,11,11,11,16
ЩР4.1	15,16,17
ЩР4.2	12,12,12,14,17
ЩР6.1	12,12,12,12,12,12,12,14,18,18
ЩР6.2	12,12,12,12,12,12,14
ЩР6.3	12,12,12,12,12,12,14
ЩР6.4	12,12,12,12,12,13,14,14,14

Потребитель 4 «Печь сопротивления» имеет высокую мощность по сравнению с остальными близстоящими потребителями, поэтому данный электроприемник будет подключен без ЩР напрямую в КТП.

2.3 Расчёт потребления потребителей предприятия

Для равномерного распределения нагрузок по секциям шин, приведем нагрузки 3-фазных приемников повторно-кратковременного режима работы к длительному режиму по формуле 1. К такому типу электроприемников относится потребитель № 15 Мостовой кран 2 т.

$$P_H = P_{\Pi} \cdot \sqrt{ПВ} \quad (1)$$
$$P_H = 7,74 \cdot \sqrt{0,4} = 4,9 \text{ кВт}$$

Нагрузка 1-фазного ПКР приводим к длительному режиму и к условной 3-фазной мощности по формулам 2. К такой нагрузке относится потребитель №5 Сварочный аппарат Ресанта САИ 220.

$$P_H = S_H \cdot \cos\varphi \sqrt{ПВ}, \quad (2)$$

для сварочного аппарата $\cos\varphi = 0,35$

$$P_H = 18,86 \cdot 0,35 \sqrt{0,7} = 5,52 \text{ кВт}$$

Для выявления равномерности распределения однофазной нагрузки определим величину неравномерности (Н) по формуле 3:

$$H = \frac{P_{\text{ф.нб}} - P_{\text{ф.нм}}}{P_{\text{ф.нм}}} \cdot 100, \quad (3)$$

где $P_{\text{ф.нб}}$, $P_{\text{ф.нм}}$ – мощность наиболее и наименее загруженной фазы, кВт.

1-фазную нагрузку на предприятии планируется подключать на фазное напряжение, в связи с этим распределим нагрузку по схеме на рисунке 2.5. По данной схеме значение нагрузки на фазу определяется суммой всех подключенных потребителей на эту фазу.

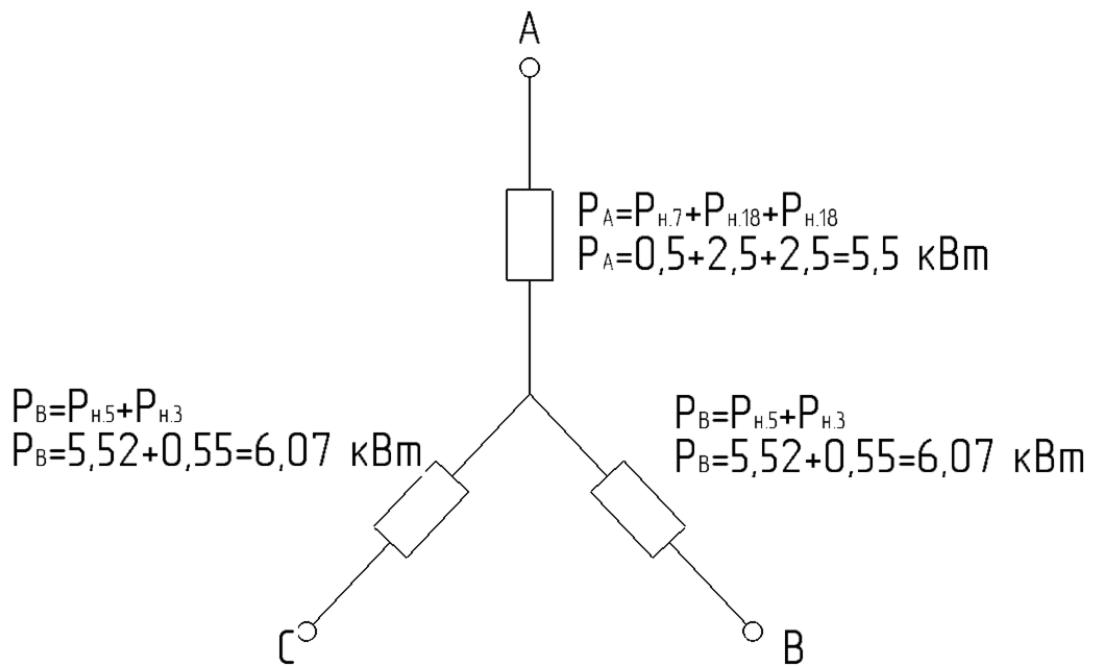


Рисунок 5 – Схема распределения нагрузок по фазам

$$P_{\text{ф.нб}} = 6,07 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{ф.нм}} = 5,5 \text{ кВт}$$

$$H = \frac{6,07 - 5,5}{5,5} \cdot 100 = 10,36 \%$$

При $H \leq 15\%$ расчёт 1-фазных нагрузок ведется как для 3-фазных нагрузок (сумма всех 1-фазных нагрузок)

Распределим нагрузки по секциям (Таблица 5)

Таблица 5 – Распределение нагрузки по секциям.

Секция 1	Нагрузка приведенная кВт		Секция 2
ЩР1.1	ЩР3		
Рабочее место административно-технического персонала 0,7 кВт х 3 шт.	2,1	4,5	Рабочее место сборщика 2,5 кВт

Продолжение таблицы 5

Секция 1	Нагрузка приведенная кВт		Секция 2
Кондиционер 5 кВт	5	1,5	1,5 кВт Испытательный стенд №1
Электропривод ворот 2 кВт х2 шт.	4	13,5	4,5 кВт х3 шт. Испытательный стенд №2
ЩР1.2		3	3 кВт Система вентиляции
Мостовой кран 2т 4,9 кВт	4,9	ЩР4.1	
Система вентиляции 3 кВт	3	4,9	4,9 кВт Мостовой кран 2т
ЩР2.1		3	3 кВт Система вентиляции
Сварочный аппарат Ресанта САИ 220 5,52 кВт х2 шт.	11,04	2	2 кВт Электропривод ворот
Сетевой краскопульт ЗУБР КПЭ-500 0,5 кВт	0,5	ЩР4.2	
Камера полимеризации порошковых покрытий 24 кВт	24	2,1	0,7 кВт х3 шт. Рабочее место административно- технического персонала
ЩР2.2		5	5 кВт Кондиционер
Гидравлический вертикально- гибочный пресс Metal Master HPJ 32100Ks 7,5 кВт	7,5	2	2 кВт Электропривод ворот
Ножницы гильотинные гидравлические FORB-K 6х3200 7,5 кВт	7,5	ЩР6.1	
Станок сверлильный Ставр СС-16/550 0,55 кВт х2 шт.	1,1	4,9	0,7 кВт х7 шт. Рабочее место административно- технического персонала
Печь сопротивления Сикрон 90 кВт	90	5	5 Кондиционер
Станок токарно-винторезный Stalex WL-330B/750 1,65 кВт	1,65	5	2,5 кВт х2 шт. Водонагреватель Ariston ABS VLS EVO PW 30 D
ЩР2.3		ЩР6.2	
Рабочее место сборщика 2,5 кВт х2 шт.	5	4,2	0,7 кВт х6 шт. Рабочее место административно- технического персонала
		5	5 кВт Кондиционер
		ЩР6.3	
		4,2	0,7 кВт х6 шт. Рабочее место административно- технического персонала
		5	5 кВт Кондиционер
		ЩР6.4	
		3,5	0,7 кВт х5 шт. Рабочее место административно- технического персонала
		3	3 кВт Шкаф серверный
		15	5 кВт х3 шт. Кондиционер

Продолжение таблицы 5

Секция 1	Нагрузка приведенная кВт		Секция 2
		Шкаф освещения	
		67,336	-
Итого:	167,29	163,636	Итого:

Неравномерность нагрузки на каждую секцию не должна превышать 15%. Проверим по формуле 4:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{сек.1}} &\leq 115\% \cdot P_{\text{сек.2}} && (4) \\
 167,29 &\leq 115\% \cdot 163,636 \\
 167,29 &\leq 188,18
 \end{aligned}$$

Условие выполняется.

Для определения ожидаемых нагрузок по предприятию сведем данные по потребителям в сводную ведомость таблицу 2.5.

Приведём пример расчёта на группе электроприемников подключенных к ЩР1.1.

По формуле 5 находим суммарную мощность группы электроприемников:

$$P_{n\Sigma} = P_n \cdot n \quad (5)$$

где P_n – номинальная мощность электроприемника по таблице 1. В случае если данная переменная является однофазным приемником или имеет ПВ, то используем приведенные значения, которые определены по формулам 1-3;

n – количество электроприемников подключаемых к щиту.

Рассчитаем данные значения для потребителей ЩР1.1:

«Рабочее место административно-технического персонала»:

$$P_{H\Sigma} = 0,7 \cdot 3 = 2,1 \text{ кВт}$$

«Кондиционер»:

$$P_{H\Sigma} = 5 \cdot 1 = 5 \text{ кВт}$$

«Электропривод ворот»:

$$P_{H\Sigma} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ кВт}$$

Коэффициент использования ($K_{и}$) — это процент времени который используется оборудование. Данные по коэффициенту предоставлены представителем предприятия.

Значения $\cos \varphi$, $\tg \varphi$ взяты опираясь на данные из методического пособия [3].

Найдем показатель силовой сборки в группе по формуле 6:

$$m = \frac{P_{H.нб}}{P_{H.нм}} \quad (6)$$

где $P_{H.нб}$ и $P_{H.нм}$ — наибольшие и наименьшие значения активных мощностей электроприемников в группе, кВт.

$$m = \frac{5}{0,7} = 7,14$$

Определим среднесменные нагрузки по формулам 7-9:

$$P_{CM} = P_{H\Sigma} \cdot K_{и} \quad (7)$$

$$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \tg \varphi \quad (8)$$

$$S_{CM} = \sqrt{P_{CM}^2 + Q_{CM}^2} \quad (9)$$

«Рабочее место административно-технического персонала»:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{см}} &= 2,1 \cdot 0,8 = 1,68 \text{ кВт} \\
 Q_{\text{см}} &= 1,68 \cdot 0,25 = 0,42 \text{ квар} \\
 S_{\text{см}} &= \sqrt{1,68^2 + 0,42^2} = 1,73 \text{ кВА}
 \end{aligned}$$

«Кондиционер»:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{см}} &= 5 \cdot 0,9 = 4,5 \text{ кВт} \\
 Q_{\text{см}} &= 4,5 \cdot 0,75 = 3,38 \text{ квар} \\
 S_{\text{см}} &= \sqrt{4,5^2 + 3,38^2} = 5,63 \text{ кВА}
 \end{aligned}$$

«Электропривод ворот»:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{см}} &= 4 \cdot 0,14 = 0,56 \text{ кВт} \\
 Q_{\text{см}} &= 0,56 \cdot 1,73 = 0,97 \text{ квар} \\
 S_{\text{см}} &= \sqrt{0,56^2 + 0,97^2} = 1,12 \text{ кВА}
 \end{aligned}$$

Определим коэффициент использования по группе (формула 10):

$$K_{\text{и}} = \frac{P_{\text{см}}}{P_{\text{н}\Sigma}} = 0,61 \quad (10)$$

Определим эффективное количество электроприемников для группы по формуле 11:

$$\begin{aligned}
 n_{\text{э}} &= \frac{2 \sum_1^n P_{\text{н}}}{P_{\text{н.нб}}} \\
 n_{\text{э}} &= \frac{2 (0,7 + 5 + 2)}{5} = 3,08
 \end{aligned} \quad (11)$$

Принимаем эффективное количество электроприемников равным 4.

По таблице из источника [5] «Определение коэффициента максимума по известным значениям $K_{\text{и}}$ и $n_{\text{э}}$ » определяем коэффициент максимума для активной мощности $K_{\text{м}}$. $K_{\text{м}}$ принимаем равным 1,46.

Определим коэффициент максимума для реактивной мощности K_M . По практике проектирования принимается равным 1,1 при количестве эффективных электроприемников меньше или равно 10, и 1 в случае, если приемников больше 10.

Максимальную нагрузку рассчитаем по формулам 12-14:

$$P_M = P_{CM} \cdot K_M \quad (12)$$

$$Q_M = Q_{CM} \cdot \operatorname{tg}\varphi \quad (13)$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} \quad (14)$$

$$P_M = 6,74 \cdot 1,46 = 9,84 \text{ кВт}$$

$$Q_M = 4,76 \cdot 0,71 = 5,24 \text{ квар}$$

$$S_M = \sqrt{9,84^2 + 5,24^2} = 11,15 \text{ кВА}$$

Определим ток на распределительных устройствах (РУ) по формуле 2.14:

$$I_M = \frac{S_{M(\text{ЩР1})}}{\sqrt{3} \cdot U_L} \quad (15)$$

где U_L – линейное напряжение, равное 0,38 кВ;

$$I_M = \frac{11,15}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 16,96 \text{ А}$$

Расчет для остальных щитов производится аналогично.

После расчета данные нагрузок по всем позициям суммируем всю активную нагрузку и записываем в данные расчета шины низкого напряжения (ШНН) (формула 16):

$$P_{M.\text{ШНН}} = \sum P_{M.\text{щ}} \quad (16)$$

$$P_{M.\text{ШНН}} = 9,84 + 5,82 + 34,3 + 93,46 + 3,5 + 13,36 + 5,65 + 8,33 + 13,93 + 8,25 + 8,25 + 19,88 + 57,24 = 270,02 \text{ кВт}$$

Аналогично находим реактивную мощность на ШНН (формула 17):

$$Q_{\text{м.ШНН}} = \sum Q_{\text{м.щ}} \quad (17)$$

$$Q_{\text{м.ШНН}} = 5,24 + 2,42 + 14,68 + 31,5 + 2,17 + 11,24 + 2,95 + 4,71 + 4,79 + 4,64 + 4,64 + 12,73 + 18,89 = 113,71 \text{ квар}$$

По формуле 18 находим полную мощность на ШНН:

$$S_{\text{м.ШНН}} = \sqrt{P_{\text{м.ШНН}}^2 + Q_{\text{м.ШНН}}^2} \quad (18)$$

$$S_{\text{м.ШНН}} = \sqrt{270,02^2 + 113,71^2} = 292,98 \text{ кВА}$$

Найдем приближенные потери мощности в трансформаторе по формулам 19-21.

$$\Delta P = 0,02 \cdot S_{\text{м.ШНН}} \quad (19)$$

$$\Delta Q = 0,1 \cdot S_{\text{м.ШНН}} \quad (20)$$

$$\Delta S = \sqrt{\Delta P^2 + \Delta Q^2} \quad (21)$$

$$\Delta P = 0,02 \cdot 292,98 = 5,86 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q = 0,1 \cdot 292,98 = 29,3 \text{ квар}$$

$$\Delta S = \sqrt{5,86^2 + 29,3^2} = 29,88 \text{ кВА}$$

Потребление предприятия с учетом потерь (формулы 22-24):

$$P_{\text{м}+\Delta} = P_{\text{м.ШНН}} + \Delta P \quad (22)$$

$$Q_{\text{м}+\Delta} = Q_{\text{м.ШНН}} + \Delta Q \quad (23)$$

$$S_{\text{м}+\Delta} = \sqrt{P_{\text{п}}^2 + Q_{\text{п}}^2} \quad (24)$$

$$P_{\text{м}+\Delta} = 270,02 + 5,86 = 275,88 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{м}+\Delta} = 113,71 + 29,3 = 143,01 \text{ квар}$$

$$S_{\text{м}+\Delta} = \sqrt{275,88^2 + 143,01^2} = 309,57 \text{ кВа}$$

Расчетную мощность трансформатора с учетом потерь определим по формуле 25:

$$S_{\text{т}} \geq S_{\text{п}} = 0,7 S_{\text{м}+\Delta} \quad (25)$$

$$S_{\text{т}} \geq S_{\text{п}} = 0,7 \cdot 309,57 = 217,52 \text{ кВА}$$

Таблица 6 – Сводная ведомость нагрузок по предприятию

Наименование РУ и электроприемников	Нагрузка установленная							Нагрузка средняя за смену							Нагрузка максимальная			
	P _н , кВт	n	P _{нΣ} , кВт	K _н	cos φ	tg φ	m	P _{см} , кВт	Q _{см} , квар	S _{см} , кВА	n _э	K _м	K _м '	P _м , кВт	Q _м , квар	S _м , кВА	I _м , А	
ЩР1.1																		
Рабочее место административно- технического персонала	0,7	3	2,1	0,80	0,97	0,25	-	1,68	0,42	1,73	-	-	-	-	-	-	-	
Кондиционер	5	1	5	0,90	0,80	0,75	-	4,50	3,38	5,63	-	-	-	-	-	-	-	
Электропривод ворот	2	2	4	0,14	0,50	1,73	-	0,56	0,97	1,12	-	-	-	-	-	-	-	
Всего ЩР1.1	-	6	11,10	0,61	0,82	0,71	7,14	6,74	4,76	8,25	4	1,46	1,10	9,84	5,24	11,15	16,96	
ЩР2.1																		
Сварочный аппарат Ресанта САИ 220 ПВ=70%	6,6/ 5,52	2	11,04	0,25	0,35	2,67	-	2,76	7,37	7,87	-	-	-	-	-	-	-	
Сетевой краскопульт ЗУБР КПЭ-500	0,50	1	0,50	0,06	0,65	1,17	-	0,03	0,04	0,05	-	-	-	-	-	-	-	
Камера полимеризации порошковых покрытий	24	1	24	0,75	0,95	0,33	-	18	5,94	18,95	-	-	-	-	-	-	-	

Продолжение таблицы 6

Наименование РУ и электроприемников	Нагрузка установленная							Нагрузка средняя за смену						Нагрузка максимальная			
	P _н , кВт	n	P _{нΣ} , кВт	K _н	cos φ	tg φ	m	P _{см} , кВт	Q _{см} , квар	S _{см} , кВА	п _э	K _м	K _м '	P _м , кВт	Q _м , квар	S _м , кВА	I _м , А
ЩР1.2																	
Мостовой кран 2т, ПВ =40 %	7,74/ 4,90	1	4,90	0,10	0,50	1,73	-	0,49	0,85	0,98	-	-	-	-	-	-	-
Система вентиляции	3	1	3	0,60	0,80	0,75	-	1,80	1,35	2,25	-	-	-	-	-	-	-
Всего ЩР1.2	-	2	7,90	0,29	0,72	0,96	-	2,29	2,20	3,17	-	-	-	2,29	2,20	3,17	4,83
Всего ЩР2.1	-	6	43,44	0,53	0,83	0,67	48	23,08	15,54	27,83	4	1,65	1,10	38,08	17,10	41,74	63,50
ЩР2.2																	
Гидравлический вертикально- гибочный пресс Metal Master HPJ 32100Ks	7,50	1	7,50	0,24	0,65	1,17	-	1,80	2,11	2,77	-	-	-	-	-	-	-
Ножницы гильотинные гидравлические FORB-K 6x3200	7,50	1	7,50	0,24	0,65	1,17	-	1,80	2,11	2,77	-	-	-	-	-	-	-
Станок сверлильный Ставр СС-16/550 0,55x2	0,55	2	1,10	0,14	0,50	1,73	-	0,15	0,27	0,31	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 6

Наименование РУ и электроприемников	Нагрузка установленная							Нагрузка средняя за смену						Нагрузка максимальная			
	P _н , кВт	n	P _{нΣ} , кВт	K _н	cos φ	tg φ	m	P _{см} , кВт	Q _{см} , квар	S _{см} , кВА	п _э	K _м	K _{м'}	P _м , кВт	Q _м , квар	S _м , кВА	I _м , А
Станок токарно- винторезный Stalex WL-330B/750	1,65	1	1,65	0,14	0,50	1,73	-	0,23	0,40	0,46	-	-	-	-	-	-	-
ЩР2.3																	
Рабочее место сборщика	2,50	2	5	0,70	0,85	0,62	-	3,50	2,17	4,12	-	-	-	3,50	2,17	4,12	6,26
Всего ЩР2.2	-	7	22,75	0,33	0,73	0,94	13,64	7,49	7,05	10,28	6	1,88	1,10	14,07	7,75	16,07	24,44
Высоко потребляемые потребители подключенные на прямую к секции																	
Печь сопротивления Сикрон	90	1	90	0,80	0,95	0,33	-	72	23,76	75,82	-	-	-	72	23,76	75,82	115,33
ЩР3																	
Рабочее место сборщика	2,50	1	2,50	0,70	0,85	0,62	-	1,75	1,09	2,06	-	-	-	-	-	-	-
Испытательный стенд №1	1,50	1	1,50	0,30	0,50	1,73	-	0,45	0,78	0,90	-	-	-	-	-	-	-
Испытательный стенд №2	4,50	3	13,50	0,30	0,50	1,73	-	4,05	7,01	8,09	-	-	-	-	-	-	-
Система вентиляции	3	1	3	0,60	0,80	0,75	-	1,80	1,35	2,25	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 6

Наименование РУ и электроприемников	Нагрузка установленная							Нагрузка средняя за смену						Нагрузка максимальная			
	P _н , кВт	n	P _{нΣ} , кВт	P _н , кВт	n	P _{нΣ} , кВт	P _н , кВт	P _{см} , кВт	Q _{см} , квар	S _{см} , кВА	n _э	K _м	K _{м'}	P _м , кВт	Q _м , квар	S _м , кВА	I _м , А
Всего ЩРЗ	-	6	20,50	0,39	0,62	1,27	3	8,05	10,22	13,01	6	1,88	1,10	15,13	11,24	18,85	28,68
Мостовой кран 2т, ПВ =40 %	7,74/ 4,90	1	4,90	0,10	0,50	1,73	-	0,49	0,85	0,98	-	-	-	-	-	-	-
Система вентиляции	3	1	3	0,60	0,80	0,75	-	1,80	1,35	2,25	-	-	-	-	-	-	-
Электропривод ворот	2	1	2	0,14	0,50	1,73	-	0,28	0,48	0,56	-	-	-	-	-	-	-
ЩР4.2																	
Рабочее место административно- технического персонала	0,70	3	2,1	0,80	0,97	0,25	-	1,68	0,42	1,73	-	-	-	-	-	-	-
Кондиционер	5	1	5	0,90	0,80	0,75	-	4,50	3,38	5,63	-	-	-	-	-	-	-
Электропривод ворот	2	1	2	0,14	0,50	1,73	-	0,28	0,48	0,56	-	-	-	-	-	-	-
Всего ЩР4.2	-	5	9,1	0,71	0,83	0,66	7,14	6,46	4,28	7,75	4	1,29	1,10	8,33	4,71	9,57	14,56
Всего ЩР4.1	-	8	19	0,48	0,79	0,77	7,14	9,03	6,96	11,40	3	2,20	1,10	19,87	7,66	21,29	32,39
ЩР6.4																	

Продолжение таблицы 6

Наименование РУ и электроприемников	Нагрузка установленная							Нагрузка средняя за смену						Нагрузка максимальная			
	P _н , кВт	n	P _{нΣ} , кВт	P _н , кВт	n	P _{нΣ} , кВт	P _н , кВт	P _{см} , кВт	Q _{см} , квар	S _{см} , кВА	п _э	K _м	K _м '	P _м , кВт	Q _м , квар	S _м , кВА	I _м , А
Рабочее место административно- технического персонала	0,70	5	3,5	0,80	0,97	0,25	-	2,80	0,70	2,89	-	-	-	-	-	-	-
Шкаф серверный	3	1	3	1	0,97	0,25	-	3	0,75	3,09	-	-	-	-	-	-	-
Кондиционер	5	3	15	0,90	0,80	0,75	-	13,50	10,13	16,88	-	-	-	-	-	-	-
ЩР6.1																	
Рабочее место административно- технического персонала	0,70	7	4,90	0,80	0,97	0,25	-	3,92	0,98	4,04	-	-	-	-	-	-	-
Кондиционер	5	1	5	0,90	0,80	0,75	-	4,50	3,38	5,63	-	-	-	-	-	-	-
Водонагреватель Ariston ABS VLS EVO PW 30 D	2,50	2	5	1	1	0	-	5	0	5	-	-	-	-	-	-	-
Всего ЩР6.1	-	10	14,90	0,90	0,95	0,32	7,14	13,42	4,36	14,11	6	1,04	1,10	13,96	4,79	14,76	22,45

Продолжение таблицы 6

Наименование РУ	Нагрузка установленная							Нагрузка средняя за смену						Нагрузка максимальная			
-----------------	------------------------	--	--	--	--	--	--	---------------------------	--	--	--	--	--	-----------------------	--	--	--

и электроприемников	P _н , кВт	n	P _{нΣ} , кВт	P _н , кВт	n	P _{нΣ} , кВт	P _н , кВт	P _{см*} , кВт	Q _{см*} , квар	S _{см*} , кВА	п _э	K _м	K _{м'}	P _м , кВт	Q _м , квар	S _м , кВА	I _м , А
ЩР6.2																	
Рабочее место административно- технического персонала	0,70	6	4,20	0,80	0,97	0,25	-	3,36	0,84	3,46	-	-	-	-	-	-	-
Кондиционер	5	1	5	0,90	0,80	0,75	-	4,50	3,38	5,63	-	-	-	-	-	-	-
Всего ЩР6.2	-	7	9,20	0,85	0,88	0,54	7,14	7,86	4,22	8,92	4	1,05	1,10	8,25	4,64	9,47	14,40
ЩР6.3																	
Рабочее место административно- технического персонала	0,70	6	4,20	0,80	0,97	0,25	-	3,36	0,84	3,46	-	-	-	-	-	-	-
Кондиционер	5	1	5	0,90	0,80	0,75	-	4,50	3,38	5,63	-	-	-	-	-	-	-
Всего ЩР6.3	-	7	9,20	0,85	0,88	0,54	7,14	7,86	4,22	8,92	4	1,05	1,10	8,25	4,64	9,47	14,40
Всего ЩР6.4	-	33	54,80	0,88	0,89	0,75	7,14	48,44	24,36	54,22	9	1,03	1,30	49,89	31,67	59,09	89,89
ШО																	
ЩО1	-	-	10,75	0,85	0,95	0,33	-	9,14	3,02	9,62	-	-	-	-	-	-	-
ЩО2.1	-	-	3,48	0,6	0,95	0,33	-	2,09	0,69	2,20	-	-	-	-	-	-	-
ЩО2.2	-	-	6,03	0,6	0,95	0,33	-	3,62	1,19	3,81	-	-	-	-	-	-	-
ЩО2.3	-	-	9,696	0,6	0,95	0,33	-	5,82	1,92	6,13	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 6

Наименование РУ	Нагрузка установленная	Нагрузка средняя за смену	Нагрузка максимальная
-----------------	------------------------	---------------------------	-----------------------

и электроприемников	$P_{н,}$ кВт	n	$P_{н\Sigma,}$ кВт	$P_{н,}$ кВт	n	$P_{н\Sigma,}$ кВт	$P_{н,}$ кВт	$P_{см,}$ кВт	$Q_{см,}$ квар	$S_{см,}$ кВА	n_3	K_M	$K_{M'}$	$P_M,$ кВт	$Q_M,$ квар	$S_M,$ кВА	$I_M,$ А
ЩО3	-	-	13,028	0,6	0,95	0,33	-	4,94	1,63	5,20	-	-	-	-	-	-	-
ЩО4	-	-	7,65	0,85	0,95	0,33	-	6,50	2,15	6,85	-	-	-	-	-	-	-
ЩО5	-	-	7,45	0,7	0,95	0,33	-	5,22	1,72	5,49	-	-	-	-	-	-	-
ЩО6	-	-	9,25	0,7	0,95	0,33	-	6,48	2,14	6,82	-	-	-	-	-	-	-
Всего ШО	-	-	67,33	0,69	0,95	0,33	-	46,67	15,40	49,15	-	-	-	46,67	15,40	49,15	74,76
Всего на ШНН	-	-	-	-	-	-	-	221,50	108,06	246,45	-	-	-	265,56	119,82	291,34	-
Потери	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,83	29,13	29,71	-
Всего с учётом потерь	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	271,38	148,95	309,57	-

3 Выбор основных элементов системы электроснабжения

В данном разделе будут выбраны элементы системы электроснабжения предприятия. Выбор будет производиться исходя из расчетов, проведенных в предыдущем разделе. Сначала будет выбрана комплектная трансформаторная подстанция (КТП). Следующими будут выбраны проводники, защитная аппаратура и щиты для освещения и для распределения электроэнергии по потребителям.

3.1 Выбор КТП

Основополагающим источником питания будет являться КТП. В связи с тем, что в помещении есть рабочая площадь под КТП, выберем КТП внутрицехового исполнения.

После анализа производителей, было выбрано продукция ОАО «Электрощит» г. Чехов [15]

КТП под нужды предприятия будет собрано из отдельных узлов, реализуемых данным предприятием, так как возможные комплексные решения не подходят.

Рассчитываемое предприятие является потребителем 2 категории, поэтому в КТП будет реализовано обеспечение питания через два ввода основной и резервный. С этой целью выберем два идентичных трансформатора.

У данного предприятия имеется два основных типа реализуемых трансформаторов: ТМГ и ТСЛ. Трансформатор ТМГ является масляным, а ТСЛ сухим. В связи с тем, что требуется разработать более оптимальную систему по финансовым вложениям, выбираем трансформатор типа ТМГ. Это связано с тем, что стоимость сухого трансформатора номиналом 250 кВА ТСЛ (421 843,59 руб.) выше по сравнению с ТМГ (140 000 руб.)

В качестве типа используемого трансформатора выбираем трехфазный масляный герметичный трансформатор ТМГ 250/10/0,4.

В комплект КТП будут входить следующие шкафы производителя «Электроцит» г. Чехов:

- Шкаф УВН-1 (Устройство ввода высокого напряжения);
- Шкаф ШНВ-7 (Шкаф низковольтный вводной);
- Шкаф ШНЛ-1 (Шкаф низковольтный линейный);
- Шкаф ШНС-6 (Шкаф низковольтный секционный).

Шкафы УВН укомплектованы выключателями нагрузки ВНАП-10/400-20зпУ2 и предохранителями ПКТ-102-10-50-8-У3.

Шкафы ШНВ оборудованы автоматическим выключателем, амперметрами, вольтметрами, трансформаторами тока типа ТШЛ 1000/5А.

Шкафы ШНЛ имеют шесть линий питания на каждой из которой установлены автоматические выключатели от производителя Schneider Electric, трансформатор тока ТШП-200/5А, амперметры 0...200 или 0...600 Ампер в зависимости от линии.

Шкаф ШНС оборудован рубильником серии РЕ19 и автоматическим выключателем.

3.2 Выбор распределительных щитов и щитов освещения

Распределительные щиты (ЩР) выберем исходя из параметров, рассчитанных в таблице 4. И сведем все данные в таблицу 7.

В качестве щита выбрана марка ЩРН-П-12. Данный щит рассчитан на нагрузку не выше 100 А.

Таблица 7 - Выбор распределительных щитов.

Наименование щита на объекте	Расчетная мощность, кВА	Расчетный ток, А	Марка щита
ЩР1.1	11,15	16,96	ЩРН-П-12
ЩР1.2	3,17	4,83	ЩРН-П-12
ЩР2.1	41,74	63,5	ЩРН-П-12
ЩР2.2	16,07	24,44	ЩРН-П-12
ЩР2.3	4,12	6,26	ЩРН-П-12
ЩР3	18,85	28,68	ЩРН-П-12
ЩР4.1	21,29	32,39	ЩРН-П-12
ЩР4.2	9,57	14,56	ЩРН-П-12
ЩР6.1	14,76	22,45	ЩРН-П-12
ЩР6.2	9,47	14,4	ЩРН-П-12
ЩР6.3	9,47	14,4	ЩРН-П-12
ЩР6.4	59,09	89,89	ЩРН-П-12

В качестве щитов освещения будем использоваться щит с вводным выключателем ОЩВ со степенью защиты IP54. ШО выполнен в корпусе ЩУ-3/1-0 У1.

3.3 Выбор защитной аппаратуры

В качестве основной защитной аппаратурой будут выступать автоматические выключатели. Для выбора автоматического выключателя требуются следующие данные:

- ток в защищаемой линии;
- расположение в общей схеме питания;
- число фаз.

В качестве примера рассчитаем линию от трансформатора (Т1) до «Электропривода ворот» подключенный через ЩР1.1 (рисунок 6)

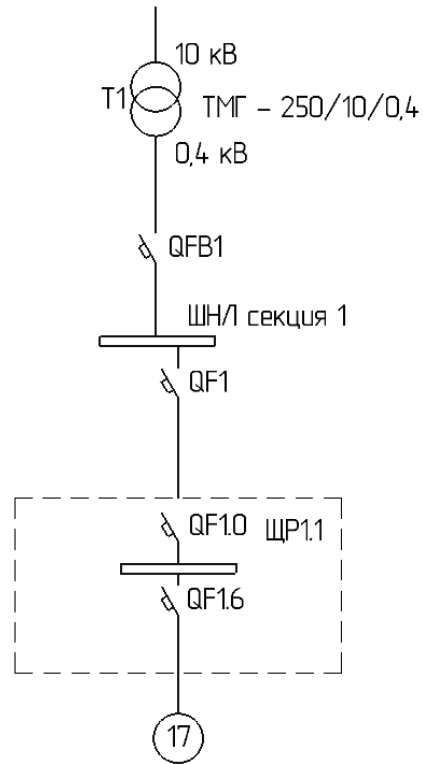


Рисунок 6 – Расчётная линия

Расчёт начнем с цепи Т1-ШНЛ, QFB1:

$$I_T = \frac{S_T}{\sqrt{3}U_H} \quad (26)$$

$$I_T = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 360,84 \text{ А}$$

Выбор автоматического выключателя будем производить по следующим параметрам:

$$I_{н.а} \geq I_T, \quad (27)$$

где $I_{н.а}$ – номинальный ток автоматического выключателя.

$$400 \text{ А} \geq 360,84 \text{ А},$$

По сайту-каталогу производителя [16] выбираем автоматический выключатель EasyPact CVS 400F 36кА 3P TM400D.

Выберем и рассчитаем автоматический выключатель для цепи ШНЛ-ЩР1.1 устанавливаемый в ШНЛ на начале линии. Из таблицы 6 известна значение максимальной нагрузки по току:

$$I_{м.ЩР1} = 16,96 \text{ А}$$

Так как автомат будет являться защитой группы с электродвигателями, его выбор проведем по следующему условию:

$$I_{н.а} \geq I_{н.р} \geq 1,1 \cdot I_{м.ЩР1}, \quad (28)$$

где $I_{н.р}$ – номинальный ток расцепителя.

$$I_{н.а} \geq I_{н.р} \geq 1,1 \cdot 16,96 = 18,66 \text{ А}$$

По сайту-каталогу производителя [16] выбираем автоматический выключатель TM25D NSX100F.

Выберем и рассчитаем автоматический выключатель для цепи ШНЛ-ЩР1, вводный автомат QF1.0. Из таблицы 6 известна значение максимальной нагрузки по току:

$$I_{м.ЩР1} = 16,96 \text{ А}$$

Так как автомат будет являться защитой группы с электродвигателями, его выбор проведем по следующему условию:

$$I_{н.а} \geq 1,1 \cdot I_{м},$$
$$I_{н.а} \geq I_{н.р} \geq 1,1 \cdot 16,96 = 18,656 \text{ А}$$

По сайту-каталогу производителя [16] выбираем автоматический выключатель EASY 9 3П 20А С 4.5 кА 400В.

Выберем и рассчитаем автоматический выключатель для цепи ЩР1.1-Электропривод ворот. Так как потребителем является оборудование с электродвигателем токи определим по формуле 3.2:

$$I_{д} = \frac{P_{H}}{\sqrt{3} \cdot U_{H} \cdot \cos\varphi \cdot \eta} \quad (29)$$

где: η – КПД электродвигателя переменного тока. Для «электропривода ворот» $\eta = 0,9$.

$$I_{д} = \frac{2}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 0,9} = 6,41 \text{ А}$$

Автоматический выключатель для цепи с приемником электродвигателем выберем согласно условиям:

$$I_{н.а} \geq I_{н.р} \geq 1,25 \cdot I_{д}, \quad (30)$$

$$U_{н.а} \geq U_{с}, \quad (31)$$

где: $U_{н.а}$ – номинальное напряжение автомата, В;

$U_{с}$ – номинальное напряжение сети, В.

$$10 \text{ А} \geq 10 \text{ А} \geq 1,25 \cdot 6,41 = 8 \text{ А}$$

$$400\text{В} \geq 380 \text{ В}$$

Результаты выбора автоматических выключателей и данные по ним занесены в таблицы 8, 9.

Таблица 8 - Автоматические выключатели для электроприемников

Наименование приемника	Серия автомата	$I_{н.а}$, А	$I_{н.р}$, А	$I_{отк}$, кА
Гидравлический вертикально-гибочный пресс Metal Master HPJ 32100Ks	EASY 9 3П	20	20	4,5
Ножницы гильотинные гидравлические FORB-K 6x3200	EASY 9 3П	20	20	4,5
Станок сверлильный Ставр СС-16/550	EASY 9 1П	6	6	4,5
Печь сопротивления Сикрон	Easypact EZC250F	250	160	18
Сварочный аппарат Ресанта САИ 220	EASY 9 1П	16	16	4,5
Станок токарно-винторезный Stalex WL-330B/750	EASY 9 3П	6	6	4,5
Сетевой краскопульт ЗУБР КПЭ-500	EASY 9 1П	6	6	4,5
Камера полимеризации порошковых покрытий	EASY 9 3П	40	40	4,5
Рабочее место сборщика	EASY 9 3П	6	6	4,5
Испытательный стенд №1	EASY 9 3П	6	6	4,5
Испытательный стенд №2	EASY 9 3П	16	16	4,5
Рабочее место административно-технического персонала	EASY 9 3П	6	6	4,5
Шкаф серверный	EASY 9 3П	6	6	4,5
Кондиционер	EASY 9 3П	16	16	4,5
Мостовой кран 2 т	EASY 9 3П	16	16	4,5
Система вентиляции	EASY 9 3П	10	10	4,5

Продолжение таблицы 8

Наименование приемника	Серия автомата	$I_{н.а}, А$	$I_{н.р}, А$	$I_{отк}, кА$
Электропривод ворот	EASY 9 3П	10	10	4,5
Водонагреватель Ariston ABS VLS EVO PW 30 D	EASY 9 1П	6	6	4,5

Таблица 9 – Вводные автоматы для ЩР/ЩО

Щит	Серия автомата	$I_{н.а}, А$	$I_{н.р}, А$	$I_{отк}, кА$
ЩР1.1	EASY 9 3П	20	20	4,5
ЩР1.2	EASY 9 3П	10	10	4,5
ЩР2.1	Acti 9 3П	80	80	6
ЩР2.2	EASY 9 3П	32	32	4,5
ЩР2.3	EASY 9 3П	10	10	4,5
ЩР3	EASY 9 3П	32	32	4,5
ЩР4.1	EASY 9 3П	40	40	4,5
ЩР4.2	EASY 9 3П	20	20	4,5
ЩР6.1	EASY 9 3П	25	25	4,5
ЩР6.2	EASY 9 3П	16	16	4,5
ЩР6.3	EASY 9 3П	16	16	4,5
ЩР6.4	Acti 9 3П	100	100	6
ЩО	Acti 9 3П	100	100	6
ЩО1	EASY 9 3П	20	20	4,5
ЩО2.1	EASY 9 3П	10	10	4,5
ЩО2.2	EASY 9 3П	6	6	4,5
ЩО2.3	EASY 9 3П	16	16	4,5
ЩО3	EASY 9 3П	16	16	4,5

Продолжение таблицы 9

Щит	Серия автомата	$I_{н.а}$, А	$I_{н.р}$, А	$I_{отк}$, кА
ЩО4	EASY 9 3П	16	16	4,5
ЩО5	EASY 9 3П	10	10	4,5
ЩО6	EASY 9 3П	16	16	4,5

3.4 Выбор проводников

Для системы электроснабжения одним из ключевых элементов являются используемые проводники в линии. Особых требований предприятие не имеет, в связи с этим выберем наиболее оптимальное решение по цене.

В качестве проводника выберем стандартное распространенное решение кабель ВВГнг(А) пятижильный для трёхфазных приемников и трехжильные для однофазных. Прокладка кабелей будет производиться с помощью кабельных лотков фирмы ИЕК.

Выбор сечения определяется допустимым током $I_{доп}$ и находится по формуле:

$$I_{доп} \geq K_{зщ} \cdot I_{у(п)} = K_{зщ} \cdot 1,25 \cdot I_{н.р}, \quad (32)$$

где: $K_{зщ} = 1$ – коэффициент защиты, для нормальных (неопасных) помещений;

$I_{у(п)}$ – ток уставки теплового расцепителя.

На примере «Электропривода ворот» произведем выбор проводника:

$$I_{доп} \geq 1 \cdot 1,25 \cdot 10 = 12,5 \text{ А.}$$

Выбираем кабель ВВГнг(А) 5х1,5.

Аналогично производим выбор проводников и заносим результат в таблицу 10.

Таблица 10 – Результаты выбора кабелей для питания электроприемников

Питаемый электроприемник	$I_{\text{доп}}$, А	S , мм ²	r_0 , мОм/м	$I_{\text{кз.доп}}$, кА
Гидравлический вертикально-гибочный пресс Metal Master HPJ 32100Ks	27	2,5	7,4	0,27
Ножницы гильотинные гидравлические FORB-K 6x3200	27	2,5	7,4	0,27
Станок сверлильный Ставр СС-16/550	21	1,5	12,3	0,17
Печь сопротивления Сикрон	255	95	0,195	10,48
Сварочный аппарат Ресанта САИ 220	27	2,5	7,4	0,27
Станок токарно-винторезный Stalex WL-330B/750	21	1,5	12,3	0,17
Сетевой краскопульт ЗУБР КПЭ-500	21	1,5	12,3	0,17
Камера полимеризации порошковых покрытий	50	10	0,37	1,09
Рабочее место сборщика	21	1,5	12,3	0,17
Испытательный стенд №1	21	1,5	12,3	0,17
Испытательный стенд №2	27	2,5	7,4	0,27
Рабочее место административно-технического персонала	21	1,5	12,3	0,17
Шкаф серверный	21	1,5	12,3	0,17
Кондиционер	27	2,5	7,4	0,27
Мостовой кран 2 т	27	2,5	7,4	0,27
Система вентиляции	21	1,5	12,3	0,17
Электропривод ворот	21	1,5	12,3	0,17
Водонагреватель Ariston ABS VLS EVO PW 30 D	21	1,5	12,3	0,17

Выберем кабели для питания от КТП, шкафа ШО, щитов ЩР и ЩО, их прокладка также осуществляется через лотки. Результаты занесем в таблицу 11. Кабель будет являться 5-ти жильным марки ВВГнг.

Таблица 11 - Результаты выбора кабелей, питающих ЩР/ЩО

Щит	$I_{н.р}, A$	$I_{доп}, A$	$S, мм^2$	$r_0, мОм/м$	$I_{кз.доп}, кА$
ЩР1.1	20	25	2,5	7,4	0,27
ЩР1.2	10	12,5	1,5	12,3	0,17
ЩР2.1	80	100	25	0,74	2,78
ЩР2.2	32	40	6	3,09	0,65
ЩР2.3	10	12,5	1,5	12,3	0,17
ЩР3	32	40	6	3,09	0,65
ЩР4.1	40	50	10	1,84	1,09
ЩР4.2	16	20	2,5	7,4	0,27
ЩР6.1	25	31,25	6	3,09	0,65
ЩР6.2	16	20	2,5	7,4	0,27
ЩР6.3	16	20	2,5	7,4	0,27
ЩР6.4	100	125	35	0,53	3,86
ШО	100	125	35	0,53	3,86
ЩО1	20	25	2,5	7,4	0,27
ЩО2.1	10	12,5	1,5	12,3	0,17
ЩО2.2	6	7,5	1,5	12,3	0,17
ЩО2.3	16	20	2,5	7,4	0,27
ЩО3	16	20	2,5	7,4	0,27
ЩО4	16	20	2,5	7,4	0,27
ЩО5	10	12,5	1,5	12,3	0,17
ЩО6	16	20	2,5	7,4	0,27

3.5 Расчет токов короткого замыкания

Проведем расчет короткого замыкания для проведения анализа и утверждения защитной аппаратуры и кабелей. С этой целью необходимо провести расчёт:

- 1) начального значения периодической составляющей тока к.з.;
- 2) аperiodической составляющей тока к.з.;
- 3) ударного тока к.з.

Необходимо учесть при расчёте:

- 1) индуктивные сопротивления всех элементов короткозамкнутой цепи: трансформаторы, проводники, трансформаторы тока, реакторы, токовые катушки автоматических выключателей;
- 2) активные сопротивления элементов к.з. цепи;
- 3) активные сопротивления различных контактов и контактных соединений;
- 4) значения параметров электродвигателей.

В качестве примера расчётов тока короткого замыкания выбран участок изображенный на рисунке 7.

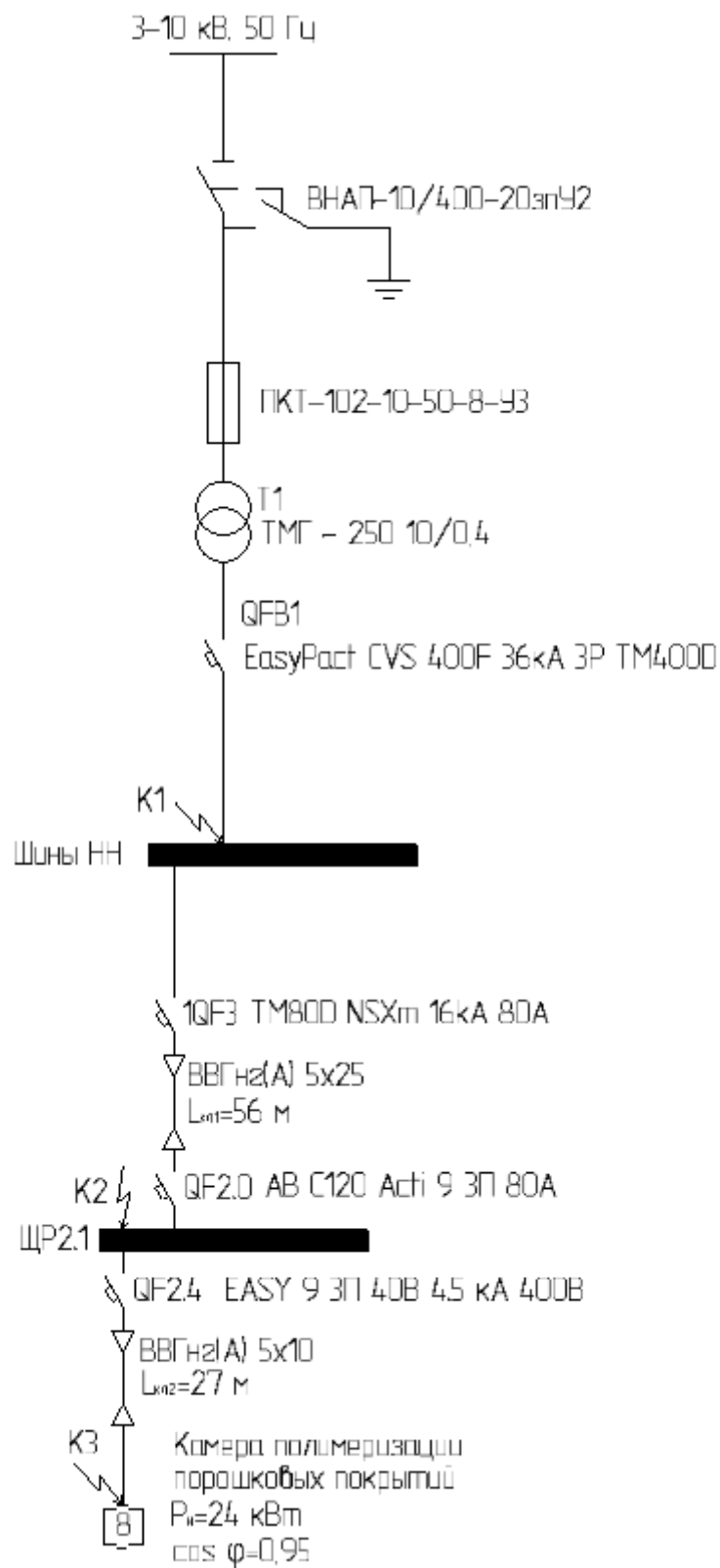


Рисунок 7 – Электрическая схема

Для расчёта составим схему замещения (рисунок 8) и нанесём на неё все сопротивления элементов. Справочные данные и методы расчета берём

$$X_T = 27,2 \text{ мОм}$$

Сопrotивления катушек и контактов выключателей, а также активные сопротивления разъемных контактов выключателей:

$$\text{QFB1: } R_{\text{QFB1}} = 0,65 \text{ мОм}, X_{\text{QFB1}} = 0,17 \text{ мОм}, R_{\text{nQFB1}} = 0,4 \text{ мОм};$$

$$\text{1QF3: } R_{\text{1QF3}} = 2 \text{ мОм}, X_{\text{1QF3}} = 1,8 \text{ мОм}, R_{\text{n1QF3}} = 0,9 \text{ мОм};$$

$$\text{QF2.0: } R_{\text{QF2.0}} = 2 \text{ мОм}, X_{\text{QF2.0}} = 1,8 \text{ мОм}, R_{\text{nQF2.0}} = 0,9 \text{ мОм};$$

$$\text{QF2.4: } R_{\text{QF2.4}} = 5,8 \text{ мОм}, X_{\text{QF2.4}} = 5 \text{ мОм}, R_{\text{nQF2.4}} = 1,4 \text{ мОм}.$$

Сопrotивления контактных соединений кабелей берем приближено в соответствии с ГОСТ 28249-93:

$$R_{\text{K1}} = 0,1 \text{ мОм},$$

$$R_{\text{K2}} = 0,1 \text{ мОм}.$$

Сопrotивления кабельных линий рассчитываются по формулам:

$$R_{\text{KL}} = r_0 \cdot L_{\text{KL}} \quad (34)$$

$$X_{\text{KL}} = x_0 \cdot L_{\text{KL}} \quad (35)$$

где: r_0 – удельное сопротивление жил кабеля, мОм/м;

L_{KL} – длина кабеля, м.

Произведем расчет сопротивлений кабельных линий:

КЛ1:

$$R_{\text{KL1}} = 0,74 \cdot 56 = 41,44 \text{ мОм}$$

$$X_{\text{KL1}} = 0,091 \cdot 56 = 5,096 \text{ мОм}$$

КЛ2:

$$R_{КЛ2} = 1,84 \cdot 27 = 49,68 \text{ мОм}$$

$$X_{КЛ2} = 0,099 \cdot 27 = 2,673 \text{ мОм}$$

Найдем эквивалентные сопротивления для трех точек к.з.:

Для К1:

$$R_{К1\text{сум}} = R_T + R_{QFB1} + R_{nQFB1} \quad (36)$$

$$X_{К1\text{сум}} = X_C + X_T + X_{QFB1} \quad (37)$$

$$Z_{К1\text{сум}} = \sqrt{R_{К1\text{сум}}^2 + X_{К1\text{сум}}^2} \quad (38)$$

$$R_{К1\text{сум}} = 9,4 + 0,65 + 0,4 = 10,45 \text{ мОм}$$

$$X_{К1\text{сум}} = 1,6 + 27,2 + 0,17 = 28,97 \text{ мОм}$$

$$Z_{К1\text{сум}} = \sqrt{10,45^2 + 28,97^2} = 30,8 \text{ мОм}$$

Для К2:

$$R_{К2\text{сум}} = R_{К1\text{сум}} + R_{К1} + R_{1QF3} + R_{n1QF3} + R_{КЛ1} \quad (39)$$

$$X_{К2\text{сум}} = X_{К1\text{сум}} + X_{1QF3} + X_{КЛ1} \quad (40)$$

$$Z_{К2\text{сум}} = \sqrt{R_{К2\text{сум}}^2 + X_{К2\text{сум}}^2} \quad (41)$$

$$R_{К2\text{сум}} = 10,45 + 0,1 + 2 + 0,9 + 41,44 = 54,89 \text{ мОм}$$

$$X_{К2\text{сум}} = 28,97 + 1,8 + 5,096 = 35,87 \text{ мОм}$$

$$Z_{К2\text{сум}} = \sqrt{54,89^2 + 35,87^2} = 65,57 \text{ мОм}$$

Для К3:

$$R_{К3\text{сум}} = R_{К2\text{сум}} + R_{К2} + R_{QF2.0} + R_{nQF2.0} + R_{QF2.4} + R_{nQF2.4} + R_{КЛ2} \quad (42)$$

$$X_{K2\text{сум}} = X_{K2\text{сум}} + X_{QF2.0} + X_{QF2.4} + X_{кл2} \quad (43)$$

$$Z_{K2\text{сум}} = \sqrt{R_{K3\text{сум}}^2 + X_{K3\text{сум}}^2} \quad (44)$$

$$R_{K3\text{сум}} = 54,89 + 0,1 + 2 + 0,9 + 5,8 + 1,4 + 49,68 = 114,77 \text{ мОм}$$

$$X_{K3\text{сум}} = 35,87 + 1,8 + 5 + 2,673 = 45,34 \text{ мОм}$$

$$Z_{K3\text{сум}} = \sqrt{114,77^2 + 45,34^2} = 123,4 \text{ мОм}$$

Начальное действующее значение периодической составляющей тока трехфазного к.з. при питании от энергосистемы через понижающий трансформатор определяют по формуле:

$$I_K^3 = \frac{U_{НН}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K\text{сум}}}, \quad (45)$$

где: $U_{НН}$ – напряжение на стороне НН трансформатора, В;

$Z_{K\text{сум}}$ – полное сопротивление прямой последовательности, мОм.

Выполним расчет токов:

$$I_{K1}^3 = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 30,8} = 7,5 \text{ кА},$$

$$I_{K2}^3 = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 65,57} = 3,52 \text{ кА},$$

$$I_{K3}^3 = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 123,4} = 1,87 \text{ кА}.$$

Расчет ударного тока короткого замыкания:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_K^3 \cdot K_{уд}, \quad (46)$$

где: $K_{уд}$ – ударный коэффициент.

Выполним расчет токов:

Значение $K_{уд}$ определим по [17]:

$$K_{удк1} = 1,37,$$

$$K_{удк2} = 1,$$

$$K_{удк3} = 1.$$

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot 7,5 \cdot 1,37 = 14,53 \text{ кА},$$

$$i_{уд2} = \sqrt{2} \cdot 3,52 \cdot 1 = 4,98 \text{ кА},$$

$$i_{уд3} = \sqrt{2} \cdot 1,87 \cdot 1 = 2,65 \text{ кА}.$$

Проведем расчёт двухфазного короткого замыкания по формуле:

$$I_{к}^2 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{к}^3, \quad (47)$$

$$I_{к1}^2 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 7,5 = 6,5 \text{ кА},$$

$$I_{к2}^2 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 3,52 = 3,05 \text{ кА},$$

$$I_{к3}^2 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1,87 = 2,49 \text{ кА}.$$

Далее требуется провести расчёт токов однофазного к.з., для этого составляем схему замещения нулевой последовательности (Рисунок 9).

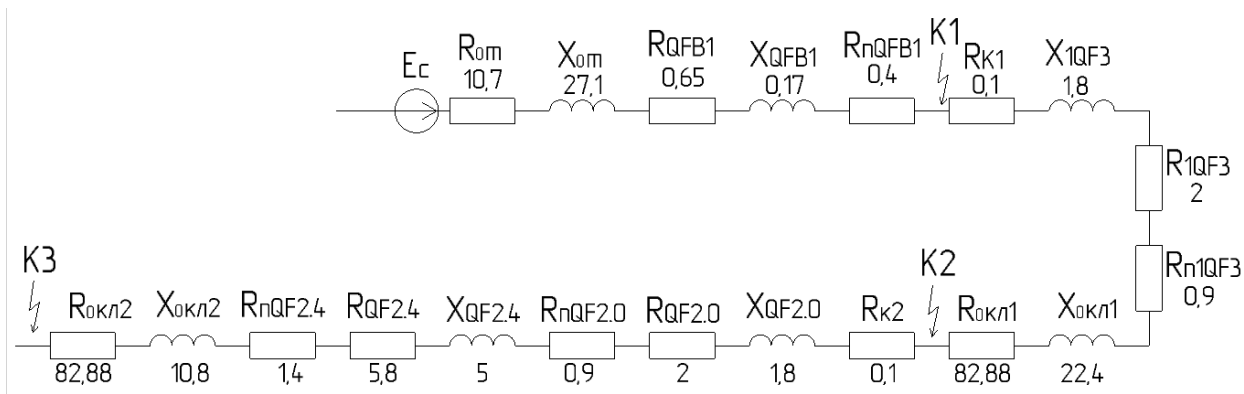


Рисунок 9 – Схема замещения нулевой последовательности

Значения активного и индуктивного сопротивлений нулевой последовательности и полное сопротивление однофазному короткому замыканию трансформатора, определим по [17]:

$$R_{0T} = 10,7 \text{ мОм}$$

$$X_{0T} = 27,1 \text{ мОм}$$

$$\frac{z_T^1}{3} = 30 \text{ мОм}$$

При расчёте нулевой последовательности сопротивления контактов выключателей, разъемных контактов выключателей, катушек и контактных соединений кабелей равны значения прямой последовательности:

$$\text{QFB1: } R_{QFB1} = 0,65 \text{ мОм}, X_{QFB1} = 0,17 \text{ мОм}, R_{nQFB1} = 0,4 \text{ мОм};$$

$$\text{1QF3: } R_{1QF3} = 2 \text{ мОм}, X_{1QF3} = 1,8 \text{ мОм}, R_{n1QF3} = 0,9 \text{ мОм};$$

$$\text{QF2.0: } R_{QF2.0} = 2 \text{ мОм}, X_{QF2.0} = 1,8 \text{ мОм}, R_{nQF2.0} = 0,9 \text{ мОм};$$

$$\text{QF2.4: } R_{QF2.4} = 5,8 \text{ мОм}, X_{QF2.4} = 5 \text{ мОм}, R_{nQF2.4} = 1,4 \text{ мОм};$$

$$R_{K1} = 0,1 \text{ мОм};$$

$$R_{K2} = 0,1 \text{ мОм}.$$

Сопротивление нулевой последовательности кабельных линий найдём по формулам:

$$R_{0КЛ} = r_{нп} \cdot L_{КЛ}, \quad (48)$$

$$X_{0КЛ} = x_{нп} \cdot L_{КЛ}, \quad (49)$$

где: $r_{нп}$ – удельное сопротивление нулевой последовательности жил кабеля, мОм/м;

$L_{КЛ}$ – длина кабеля, м.

Произведем расчет сопротивлений кабельных линий:

КЛ1:

$$R_{0КЛ1} = 1,48 \cdot 56 = 82,88 \text{ мОм}$$

$$X_{0КЛ1} = 0,4 \cdot 56 = 22,4 \text{ мОм}$$

КЛ2:

$$R_{0КЛ2} = 3,68 \cdot 27 = 99,36 \text{ мОм}$$

$$X_{0КЛ2} = 0,4 \cdot 27 = 10,8 \text{ мОм}$$

Для дальнейших расчётов аналогично расчету трехфазного короткого замыкания, находим эквивалентные сопротивления для трёх точек:

К1:

$$R_{0К1сум} = R_{0Т} + R_{QFB1} + R_{nQFB1} \quad (50)$$

$$X_{0К1сум} = X_{0Т} + X_{QFB1} \quad (51)$$

$$Z_{0К1сум} = \sqrt{R_{Ксум}^2 + X_{Ксум}^2} \quad (52)$$

$$R_{0К1сум} = 10,7 + 0,65 + 0,4 = 11,75 \text{ мОм}$$

$$X_{0K1\text{сум}} = 27,1 + 0,17 = 27,27 \text{ мОм}$$

$$Z_{0K1\text{сум}} = \sqrt{11,75^2 + 27,27^2} = 29,69 \text{ мОм}$$

К2:

$$R_{0K2\text{сум}} = R_{0K1\text{сум}} + R_{K1} + R_{1QF3} + R_{n1QF3} + R_{0КЛ1} \quad (53)$$

$$X_{0K2\text{сум}} = X_{0K1\text{сум}} + X_{1QF3} + X_{КЛ1} \quad (54)$$

$$Z_{0K2\text{сум}} = \sqrt{R_{0K2\text{сум}}^2 + X_{0K2\text{сум}}^2} \quad (55)$$

$$R_{0K2\text{сум}} = 11,75 + 0,1 + 2 + 0,9 + 82,88 = 97,63 \text{ мОм}$$

$$X_{0K2\text{сум}} = 27,27 + 1,8 + 22,4 = 51,4 \text{ мОм}$$

$$Z_{0K2\text{сум}} = \sqrt{97,63^2 + 51,4^2} = 110,33 \text{ мОм}$$

К3:

$$R_{0K3\text{сум}} = R_{0K2\text{сум}} + R_{K2} + R_{QF2.0} + R_{nQF2.0} + R_{QF2.4} + \\ + R_{nQF2.4} + R_{0КЛ2} \quad (56)$$

$$X_{0K3\text{сум}} = X_{0K2\text{сум}} + X_{QF2.0} + X_{QF2.4} + X_{0КЛ2} \quad (57)$$

$$Z_{0K3\text{сум}} = \sqrt{R_{0K3\text{сум}}^2 + X_{0K3\text{сум}}^2} \quad (58)$$

$$R_{0K3\text{сум}} = 97,63 + 0,1 + 2 + 0,9 + 5,8 + 1,4 + 82,88 = 190,71 \text{ мОм}$$

$$X_{0K3\text{сум}} = 51,4 + 1,8 + 5 + 10,8 = 69 \text{ мОм}$$

$$Z_{0K3\text{сум}} = \sqrt{190,71^2 + 69^2} = 202,81 \text{ мОм}$$

С помощью следующей формулы определим токи однофазного короткого замыкания:

$$I_K^1 = \frac{U_{K\phi}}{\frac{Z_T^1}{3} + Z_{0\text{сум}}}, \quad (59)$$

где: $U_{K\phi}$ – фазное напряжение в точке к.з., кВ;

Z_T^1 – полное сопротивление трансформатора однофазному к.з., мОм;

$Z_{0\text{сум}}$ - полное сопротивление петли (фаза-нуль) до точки к.з., мОм.

Проведем расчёт токов:

$$I_{K1}^1 = \frac{230}{30+29,69}=3,85 \text{ кА},$$

$$I_{K2}^1 = \frac{230}{30+110,33}=1,64 \text{ кА},$$

$$I_{K2}^1 = \frac{230}{30+202,81}=0,99 \text{ кА}.$$

Сведем все полученные в результате расчёта данные в таблицу 12. С целью проверки правильности выбора автоматических выключателей так же в таблицу внесём отключающую способность выбранных автоматических выключателей и допустимый ток односекундного замыкания кабелей.

Таблица 12 – Результаты расчётов токов короткого замыкания

Точка к.з.	$I_{отк}$, кА	$I_{кз, доп}$ кА	$I_{удк}$, кА	I_k^3 , кА	I_k^2 , кА	I_k^1 , кА
К1	36	-	14,53	7,5	6,5	3,85
К2	6	2,78	4,98	3,52	3,05	1,64
К3	6	1,09	2,65	1,87	2,49	0,99

4 Предварительный анализ затрат

По итогам проведенных расчетов выполним предварительный анализ затрат, без учета работ. После выполнения анализа цен и подсчета необходимого оборудования для системы электроснабжения сведем все данные в ведомость затрат (Таблица 13).

Таблица 13 – Ведомость затрат

Наименование оборудования	Количество, шт (м)	Цена, тыс. руб	Общая сумма затрат, тыс. руб
КТП	1	643,987	643,987
ТМГ-250/10/0,4	2	161,6	323,2
Светильники:	-	-	-
Wave ECO LED 3M	342	5,575	1906,65
НВА 250Н Р2	18	18,468	332,42
НВА 400Н Р2	45	20,89	940,05
OPS 254	121	6,7	810,7
Проводники марки ВВГнг(А) с сечением:	-	-	-
3x1,5	4341	0,025	108,53
3x2,5	63	0,045	2,835
5x1,5	988	0,037	36,556
5x2,5	1013	0,069	69,897
5x4	54	0,114	6,156
5x6	238	0,156	37,128
5x10	82	0,275	22,55
5x25	59	0,587	34,633
5x35	78	0,617	48,126
5x95	87	2,465	214,455

Продолжение таблицы 13

Наименование оборудования	Количество, шт (м)	Цена, тыс. руб	Общая сумма затрат, тыс. руб
Автоматические выключатели:	-	-	-
EASY 9 1П 6 А	76	0,217	15,407
EASY 9 1П 10 А	7	0,189	1,323
EASY 9 1П 16 А	2	0,182	0,364
EASY 9 3П 6 А	38	0,788	29,944
EASY 9 3П 10 А	11	0,682	7,502
EASY 9 3П 16 А	20	0,781	15,62
EASY 9 3П 20 А	5	0,752	3,76
EASY 9 3П 40 А	2	0,796	1,592
Acti 9 3П 80 А	1	15,679	15,679
Acti 9 3П 100 А	2	16,693	33,386
Щиты распределительные	-	-	-
ЩРН-П-12	12	0,561	6,732
Щиты освещения	-	-	-
ОЩВ	8	3,043	24,344
Шкаф освещения	-	-	-
ЩУ-3/1-0У1	1	2,4	2,4
Кабельные лотки	-	-	158,56
Итого без учета работ:			5854,49

За выполнение работ возьмем 40% стоимости оборудования (по согласованию с представителем предприятия):

$$C_p = C_{\text{обм}} \cdot 40\%, \quad (60)$$

где: $C_{\text{обм}}$ – стоимость оборудования и материалов, рассчитанное в таблице 13.

$$C_p = 5854,49 \cdot 0,4 = 2341,8 \text{ тыс. руб}$$

Итого общая сумма затрат составит:

$$C = C_{\text{обм}} + C_p \quad (61)$$

$$C = 5854,49 + 2341,8 = 8196,28 \text{ тыс. руб.}$$

Итого предварительные затраты на систему электроснабжения предприятия по изготовлению шкафов электрооборудования составляют 8196,28 тысяч рублей с учётом работ.

В дальнейшем сумма будет корректироваться исходя из согласования с заказчиком: производителя оборудования для защиты и эксплуатации, конкретизации необходимых типов защиты и определения подрядчиков для выполнения монтажных и наладочных работ.

Расчитанную сумму в данном разделе сумму можно использовать при предварительных расчётах и планировании, для определения целесообразности переезда компании.

Заключение

Цель выпускной квалификационной работы состояла в создании проекта электроснабжения предприятия по сборке шкафов электрооборудования, за основу была взята компания ООО «ЭТС», которая решила просчитать переезд на территорию особой экономической зоны.

В ходе достижения цели были поставлены и выполнены задачи поставленные в начале проектирования и описанные во введении.

Проведен анализ характеристик предприятия, обсуждены требования предъявляемые к проекту с представителем компании и определены электроприемники и их количество, согласованы предварительные планы помещений и их назначение.

Произведен расчёт электрических нагрузок предприятия. Для данного расчёта смоделировано освещение предприятие в программном обеспечении DIALux Evo 9.0 и выбраны различные светильники в зависимости от типа помещения и норм освещенности.

Создана расчетная модель нагрузок электроприемников с помощью Microsoft Excel, с целью корректировок расчётов при появлении изменений в исходных данных.

В качестве схемы внутрицехового электроснабжения выбрана радиальная схема. Это связано с тем, что потребители на предприятии подразделяются на одиночные трехфазные и групповые однофазные электроприемники, расположение которых неравномерно на территории предприятия.

Схема общей системы электропитания и заземления выполнена по схеме TN-C-S. Прокладка кабелей питания будет осуществляться через металлические лотки, каждая секция лотков будет заземлена в начале и конце трассы, для исключения поражения людей электрическим током.

Выбрана КТП производителя ОАО «Электрощит» г. Чехов [15]. КТП под нужды предприятия собраны из отдельных узлов, реализуемых данным предприятием, так как возможные комплексные решения не подходят.

Основной защитной аппаратурой выступают автоматические выключатели фирмы Schneider Electric рассчитанные и установленные на различных уровнях системы. Выбраны кабели для системы электроснабжения. В качестве кабеля используется марка ВВГнг(А) различного сечения и количества жил. Так же выбраны щиты для освещения и распределения. Произведен расчёт коротких замыканий, для проверки выбранного оборудования.

Проведен предварительный анализ экономических затрат на создание системы. Затраты составили 8196,28 тыс. руб с учетом проведения работ.

Список используемых источников и литературы

1. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений. [Электронный ресурс]. -URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200105707> (Дата обращения: 26.04.2020)
2. ГОСТ Р 52735-2007 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ [Электронный ресурс]. -URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200052838> (Дата обращения: 03.05.2020)
3. В.В. Вахнина, А.Н. Черненко. Проектирование систем электроснабжения. [Электронный ресурс]. -URL: https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/2976/1/Vahnina%20Chernenko_EUMI_Z.pdf (Дата обращения: 03.05.2020)
4. М.А. Мельников. Внутрицеховое электроснабжение. [Электронный ресурс]. -URL: https://portal.tpu.ru/SHARED/k/KLADIEV/uch_deyat/Tab1/MelnikovVnutrtsehel_snab2007.pdf (Дата обращения: 03.05.2020)
5. Расчет и проектирование систем электроснабжения: справочные материалы по электрооборудованию [Электронный ресурс]. -URL: <https://www.c-o-k.ru/images/library/cok/355/35545.pdf> (Дата обращения: 03.05.2020)
6. Правила устройства электроустановок. - 7-е изд. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС.
7. Единая система конструкторской документации. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.robot.bmstu.ru/files/GOST/gost-eskd.html> (дата обращения: 24.02.2020).
8. ГОСТ Р 50571. Электроустановки зданий. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.sonel.ru/ru/biblio/standards/gost-50571/> (дата обращения: 24.02.2020).

9. СНИП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]: URL: <http://www.sonel.ru/ru/biblio/standards/gost-50571/> (дата обращения: 24.02.2020).

10. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.sonel.ru/ru/biblio/standards/gost-50571/> (дата обращения: 24.02.2020).

11. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование систем электроснабжения : электронное учеб.-метод. пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. 78 с. URL: https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/2976/1/Vahnina%20Chernenko_EUMI_Z.pdf (дата обращения: 24.02.2020).

12. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий. Полуянович Н.К. Издательство «Лань» 2019г. – 396 стр.

13. Вахнина, В. В. Положение о выпускной квалификационной работе бакалавров : учеб.-метод. пособие для студентов направления 140200 "Электроэнергетика" / В. В. Вахнина, О. В. Самолина; ТГУ ; Электротехн. фак. ; каф. "Электроснабжение и электротехника". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2009. - 15 с.

14. Вахнина, В. В. Требования к выпускной квалификационной работе бакалавров : учеб.-метод. пособие / В. В. Вахнина, Ю. В. , О. В. Самолина; ТГУ ; Ин-т энергетики и электроники ; каф. "Электроснабжение и электротехника". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2016. - 31 с.

15. «Общая номенклатура изделий». ОАО «Электроцит» г. Чехов. 2019 г. [Электронный ресурс]: URL: <http://tolyatti.transformator.me/upload/iblock/13f/13fa46e015aadeb3c17ff4529c0777b1.pdf> (дата обращения: 24.02.2020).

16. Селектор-конфигуратор Schneider Electric [Электронный ресурс]: URL: <https://www.se.com/ru/ru/work/support/product-selector/> (дата обращения: 24.02.2020).
17. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-28249-93> (дата обращения: 24.02.2020).
18. Selecting Energy Efficient Distribution Transformers. [Электронный ресурс]: URL: <https://electrical-engineering-portal.com/res/Selecting-Energy-Efficient-Distribution-Transformers.pdf> (дата обращения: 24.02.2020).
19. Electrical project plan. [Электронный ресурс]: URL: <https://electrical-engineering-portal.com/download-center/design-documentation> (дата обращения: 24.02.2020).
20. Power transformer maintenance and acceptance testing [Электронный ресурс]: URL: <https://electrical-engineering-portal.com/res/Power-Transformer-Maintenance-And-Acceptance-Testing.pdf> (дата обращения: 24.02.2020).
21. Medium Voltage Switching Devices Selection for application and purpose [Электронный ресурс]: URL: <https://electrical-engineering-portal.com/res/MV-Switching-devices-selection-for-application.pdf> (дата обращения: 24.02.2020).
22. Guide to Forms of Separation – Low Voltage Switchgear and Controlgear Assemblies to BS EN 61439-2 [Электронный ресурс]: URL: <https://electrical-engineering-portal.com/res/Guide-to-forms-of-separation-final.pdf> (дата обращения: 24.02.2020).
23. Best Practice Manual For Transformers. [Электронный ресурс]: URL: <https://electrical-engineering-portal.com/res/Best-Practice%20Manual-Transformers.pdf> (дата обращения: 24.02.2020).

24. Protection of Electrical Networks. [Электронный ресурс]: URL: <https://electrical-engineering-portal.com/res/Protection-of-Electrical-Networks.pdf> (дата обращения: 24.02.2020).