

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

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений  
(направленность (профиль))

## **БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему «Реконструкция электрооборудования и электрохозяйства группы цехов по сборке металлоконструкций»

Студент(ка)

А.А. Тетёкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.П.Тараканов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

Тольятти 2016

## **Аннотация**

В данной выпускной квалификационной работе представлено электроснабжение группы цехов для сборки металлоконструкций, предназначенных для выпуска разного вида металлических изделий. Цеха являются составной частью компании ООО ГСИ «Нефтехиммонтаж».

Данная работа включает в себя следующие разделы:

- Введение, в котором формулируются задачи;
- Расчет электрических нагрузок;
- Расчет электрического освещения;
- Выбор силовых трансформаторов;
- Расчет токов короткого замыкания;
- Выбор оборудования;
- Расчет заземления КТП;
- Монтаж электрооборудования.

Выпускная квалификационная работа выполнена на 60с., включает 8 таблиц, 23 литературных источника, 3 рисунка.

## Содержание

Введение.....	4
1 Краткая характеристика объекта проектирования .....	5
2 Расчет электрических нагрузок .....	6
3 Расчет электрического освещения.....	17
4 Выбор силовых трансформаторов.....	21
5 Выбор схемы электроснабжения .....	29
6 Расчет номинальных токов.....	30
7 Расчет токов КЗ .....	33
8 Выбор оборудования.....	42
9 Расчет заземления КТП .....	50
10 Монтаж электрооборудования.....	54
Заключение .....	56
Список использованных источников .....	58

## Введение

Комплекс электроустановок и устройств, предназначенных для передачи и распределения электроэнергии является одним из понятий электрической сети. Современные сети относятся к сложным техническим комплексам, так как их структура, принцип управления и эксплуатация являются важнейшей составляющей правильной работы энергосистемы [1].

Рационально спроектированная система электроснабжения промышленного предприятия должна удовлетворять ряду требований: высокой надежности и экономичности, безопасности и удобству эксплуатации, обеспечивать требуемое качество электроэнергии, соответствующие уровни напряжения и т.д. Многообразие факторов, которые необходимо учитывать при расчете электроснабжения предприятий разных отраслей промышленности, повышает требования к квалификации инженеров – электриков.

Процесс расчета электрических сетей происходит с учетом всех норм и правил, что позволяет обеспечить безопасность электросети. Качественно выполненный расчет позволяет выбрать оптимальное оборудование, обеспечивает меньшую стоимость системы [2].

Основной целью выпускной квалификационной работы является повышение надежности, экономичности и безопасности группы цехов ООО ГСИ «Нефтехиммонтаж».

В ходе работы были решены следующие задачи: расчет электрических нагрузок и освещения, выбор силовых трансформаторов, расчет токов короткого замыкания, выбор оборудования, монтаж электрооборудования.

## 1 Краткая характеристика объекта проектирования

Объектом выпускной квалификационной работы является ГСИ «Нефтехиммонтаж» (НХМ), который был основан в 1959 году в городе Тольятти и находится по адресу улица Ларина 148 (Рисунок 1).

«Нефтехиммонтаж» имеет в своем составе два специализированных цеха по сборке металлоконструкций, располагающих техническим оснащением, необходимым для изготовления трубных узлов, металлоконструкций и нестандартного оборудования высокого качества, удовлетворяющего потребность потребителя. Труд, энергия, инженерная смекалка и вдохновение предприятия нашли свое отражение в возведении таких крупнейших объектов и комплексов, как Волжский автомобильный завод, Тольяттинский азотный завод, завод синтетического каучука, Новокуйбышевский и Сызранский нефтеперерабатывающие заводы, многих заводов машиностроения и стройиндустрии Куйбышевской и Ульяновской областей.

НХМ запитывается от двухтрансформаторной КТП, которая в свою очередь получает питания по кабельным линиям электропередач напряжением 6 кВ от главной понизительной подстанции 110/6 кВ.

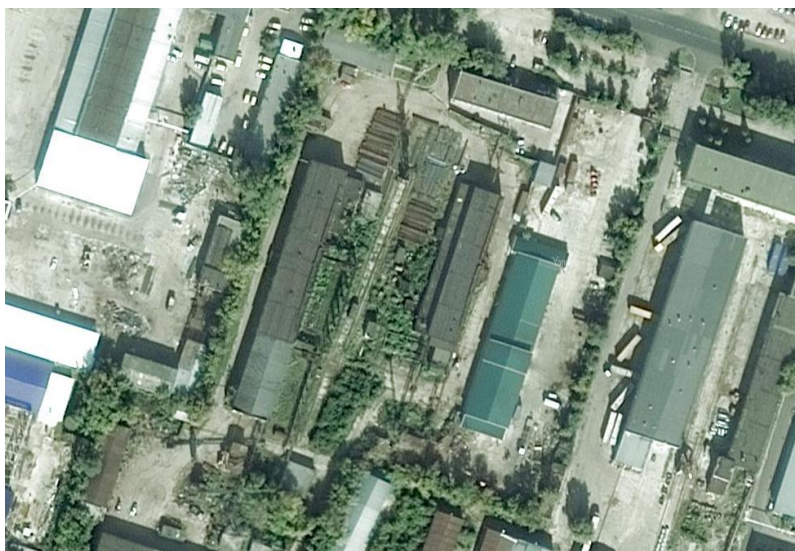


Рисунок 1 – ООО ГСИ «Нефтехиммонтаж»

## 2 Расчет электрических нагрузок

Расчетная нагрузка по допустимому нагреву представляет собой такую относительно длительную неизменную нагрузку, которая идентична ожидаемой изменяющейся нагрузке по наиболее тяжелому тепловому воздействию: максимальной температуре нагрева проводника или тепловому износу его изоляции [3].

Для одиночных ЭП расчетная мощность принимается равной номинальной

$$P_H = P_{насн}, \quad (2.1)$$

где  $P_{насн}$  – паспортная мощность электроприемника.

Приведение мощностей трехфазных электроприемников к длительному режиму работы производится по следующим формулам [4]:

Для одиночных ЭП повторно-кратковременного режима – равной номинальной, приведенной к длительному режиму, находятся из выражения:

$$P_H = P_{насн} \cdot \sqrt{ПВ}, \quad (2.2)$$

где ПВ – продолжительность включения в процентах.

Для сварочных трансформаторов номинальная мощность находится из выражения:

$$P_H = S_{насн} \cdot \cos \varphi, \quad (2.3)$$

$$P_H = S_{насн} \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{ПВ}, \quad (2.4)$$

где  $S_{насп}$  – полная паспортная мощность;  $\cos \varphi$  – величина, определяющая потребление активной мощности.

Однофазные нагрузки распределяются по фазам с наибольшей равномерностью. Определяется наиболее и наименее загруженная фаза.

Приведение однофазных нагрузок к трехфазной мощности определяется по формулам:

$$P_A = \frac{P_{AB} + P_{AC}}{2}, \quad (2.5)$$

$$P_B = \frac{P_{AB} + P_{BC}}{2}, \quad (2.6)$$

$$P_C = \frac{P_{AC} + P_{BC}}{2}. \quad (2.7)$$

Определяем величину неравномерности по следующей формуле:

$$H = \frac{P_{\Phi_{наиб}} - P_{\Phi_{наим}}}{P_{\Phi_{наим}}} \cdot 100\%. \quad (2.8)$$

При  $H > 15\%$  формула для нахождения условной трехфазной нагрузки имеет следующий вид:

$$P_y = 3 \cdot P_{\Phi_{наиб}}, \quad (2.9)$$

где  $P_y$  – условная реактивная мощность.

Согласно руководящему документу [5] расчетная активная мощность нескольких электроприемников определяется по формуле:

$$P_{n\Sigma} = P_n \cdot n, \quad (2.10)$$

где  $P_{n\Sigma}$  – мощность, потребляемая группой одинаковых электроприемников;  $P_n$  – паспортная мощность одного электроприемника;  $n$  – количество электроприемников.

Среднесменная нагрузка за наиболее загруженную смену находится из выражения:

$$P_{cm} = P_{n\Sigma} \cdot K_u, \quad (2.11)$$

где  $P_{cm}$  – среднесменная мощность группы электроприемников;  $K_u$  – коэффициент использования электроприемника.

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \operatorname{tg}\varphi, \quad (2.12)$$

где  $Q_{cm}$  – реактивная среднесменная мощность группы электроприемников;  $\operatorname{tg}\varphi$  – отношение реактивной мощности к активной мощности электроприемника.

$$K_{uzp} = \frac{\sum P_{cm}}{P_{n\Sigma}}, \quad (2.13)$$

где  $K_{uzp}$  – групповой коэффициент использования;  $\sum P_{cm}$  – сумма среднесменных мощностей;  $P_{n\Sigma}$  – сумма паспортных мощностей.

$$\operatorname{tg}\varphi_{zp} = \frac{\sum Q_{cm}}{\sum P_{cm}}, \quad (2.14)$$



где  $tg\varphi_{ep}$  – групповой коэффициент реактивной мощности;  $\sum Q_{cm}$  – суммарная среднесменная реактивная мощность электроприемников;  $\sum P_{cm}$  – суммарная среднесменная активная мощность электроприемников.

$$m = \frac{P_{H \max}}{P_{H \min}}, \quad (2.15)$$

где  $m$  – отношение паспортных мощностей наиболее и наименее мощного ЭП.

$$n_3 = \frac{\sum (P_i)^2}{\sum (P_i^2 \cdot n)}, \quad (2.16)$$

где  $n_3$  – эффективное число электроприемников;  $n$  – число электроприемников.

Если число электроприемников  $n \geq 5$ , групповой коэффициент использования  $K_{изр} \geq 0,2$ , отношение паспортных мощностей наиболее мощного и наименее мощного электроприемников  $m \geq 3$ , тогда формула приобретает следующий вид:

$$n_3 = 2 \cdot \frac{\sum P_{H\Sigma}}{P_{H \max}}, \quad (2.17)$$

где  $P_{H \max}$  – наибольшая активная мощность потребляемая электроприемником.

$$P_p = K_m \cdot \sum P_{cm}, \quad (2.18)$$

где  $P_p$  – расчетная активная мощность электроприемников;  $K_m$  – коэффициент максимума, выбирается из таблицы, исходя из данных  $n_3$  и  $m$ .

$$Q_p = 1,1 \cdot \sum Q_{cm}, \text{ если } n_3 \leq 10, \quad (2.19)$$

$$Q_p = \sum Q_{cm}, \text{ если } n_{\varepsilon} > 10, \quad (2.20)$$

где  $Q_p$  – расчетная реактивная мощность электроприемников.

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.21)$$

где  $S_p$  – полная расчетная мощность всех электроприемников.

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (2.22)$$

где  $I_p$  – расчетный ток;  $U_n$  – номинальное напряжение на низкой стороне равно 0,4.

Произведем расчет сварочного выпрямителя и найдем расчетный ток для СРП 1:

$$P_{H\Sigma} = 152 \cdot 1 = 152 \text{ кВт.}$$

Коэффициент использования  $K_u = 0,5$  и коэффициент мощности  $\cos\varphi = 0,8$  берем из справочных данных.

Среднесменная мощность ЭП находится:

$$P_{cm} = P_{H\Sigma} \cdot K_u = 152 \cdot 0,5 = 76 \text{ кВт.}$$

Реактивная среднесменная мощность ЭП находится:

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \operatorname{tg}\varphi = 76 \cdot 0,75 = 57 \text{ квар.}$$

Суммарный расчет нагрузок по СРП 1 равен:

$$n_{\text{э}} = \frac{(\sum P_H)^2}{\sum (P_H^2 \cdot n)} = \frac{264,2^2}{30944} \approx 2,$$

$$P_p = K_M \cdot \sum P_{cm} = 2 \cdot 115,2 = 230,5 \text{ кВт},$$

$$Q_p = 1,1 \cdot \sum Q_{cm} = 1,1 \cdot 135 = 148,5 \text{ квар},$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{230,5^2 + 148,5^2} = 274,2 \text{ кВА},$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{274,2}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 416,6 \text{ А}.$$

Результаты расчетов электрических нагрузок сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчет электрических нагрузок

Исходные данные				Расчетные величины			Эффективное число ЭП $n_3$	Коэффициент расчетной нагрузки $K_p$	Расчетная мощность			Расчетный ток А, $I_p$			
По заданию технологов		По справочным данным		$K_u \cdot P_n$	$K_u \cdot P_n \cdot \text{tg}\varphi$	$n \cdot P_n^2$			Активная кВт, $P_p$	Реактивная квар, $Q_p$	Полная кВА, $S_p$				
Наименование ЭП	Количество ЭП, $n$ , шт	Номинальная (установленная) мощность, кВт											Коэффициент использования $K_u$	Коэффициент реактивной мощности	
		Одног о ЭП, $P_n$	Общая $P_n$	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Выпрямитель сварочный многопостовый	1	152,0	152,0	0,5	0,8	0,8	76,0	57,0	23104,0						
Сварочный п/автомат	1	0,2	0,2	0,2	0,4	2,3	0,0	0,1	0,0						
Сварочный преобразователь	1	28,0	28,0	0,5	0,8	0,8	14,0	10,5	784,0						
Сварочный трансформатор	1	84,0	84,0	0,3	0,4	2,7	25,2	67,4	7056,0						
Итого по СРП1	4	152/0,2	264,2	0,4	-	1,2	115,2	135,0	30944,0	2,0	2,0	224,7	148,5	269,4	409,3
Сварочные выпрямители	2	72,0	144,0	0,5	0,8	0,8	72,0	54,0	10368,0						

Продолжение таблицы 1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>
Вентилятор	1	3,0	3,0	0,8	0,8	0,8	2,3	1,7	9,0						
Тельфер	1	4,7	4,7	0,4	0,5	1,7	1,6	2,8	22,1						
Сварочный п/автомат	1	0,2	0,2	0,2	0,4	2,3	0,0	0,1	0,0						
Кран балка	1	7,4	7,4	0,4	0,5	1,7	2,6	4,5	54,8						
Вентилятор	2	1,5	3,0	0,8	0,8	0,8	2,3	1,7	4,5						
Итого по СРП2	8	72/0,2	162,3	0,5	-	0,8	80,8	64,8	10458,4	3,0	1,3	107,4	71,3	128,9	195,9
Пресс	1	105,8	105,8	0,7	0,8	0,8	68,8	51,6	11193,6						
Разрывная машина	1	3,4	3,4	0,1	0,5	1,7	0,5	0,8	11,6						
Трансформаторный склад	1	16,5	16,5	0,5	0,8	0,9	7,4	6,3	272,3						
Тельферный станок для чистки проволоки	1	6,3	6,3	0,4	0,5	1,7	2,2	3,8	39,7						
Анодно-механические станки	1	99,2	99,2	0,2	0,7	1,2	19,8	23,2	9840,6						
Пресс эксцентриковый типа КА-213	1	30,8	30,8	0,7	0,8	0,8	20,0	15,0	948,6						
Итого по СРПЗ	6	105,8/3,4	262,0	0,5	-	0,8	118,7	100,8	22306,4	3,0	1,4	169,8	110,9	202,8	308,1
Сварочный выпрямитель	1	11,0	11,0	0,5	0,8	0,8	5,5	4,1	121,0						
Мостовой кран	1	18,0	18,0	0,3	0,5	1,7	5,4	9,4	324,0						
Щит освещения	1	50,0	50,0	0,9	0,9	0,4	42,5	16,8	2500,0						
Рольганг	1	4,5	4,5	0,2	0,4	2,3	0,9	2,1	20,3						
Сварочный трансформатор	1	28,0	28,0	0,3	0,4	2,7	8,4	22,5	784,0						
Радиально-сверлильный станок	1	6,7	6,7	0,1	0,5	1,7	0,9	1,6	44,9						

Продолжение таблицы 1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>
Сварочный п/автомат	1	0,2	0,2	0,2	0,4	2,3	0,0	0,1	0,0						
Итого по СРП5	7	50/0,2	118,4	0,5	-	0,9	63,7	56,5	3794,2	4,0	1,2	75,8	62,2	98,0	148,9
Гильотинные ножницы	1	26,0	26,0	0,5	0,7	1,2	11,7	13,7	676,0						
Заплеточный станок	1	4,5	4,5	0,1	0,4	2,3	0,5	1,2	20,3						
Стенд испытания	1	17,0	17,0	0,3	0,8	0,8	5,1	3,8	289,0						
Пресс-ножницы	2	4,8	9,6	0,7	0,8	0,8	6,2	4,7	46,1						
Гильотинные ножницы	1	14,0	14,0	0,5	0,7	1,2	6,3	7,4	196,0						
Компрессор	1	10,0	10,0	0,9	0,9	0,5	8,5	4,1	100,0						
Воздушная завеса	1	10,0	10,0	0,7	0,9	0,6	7,0	4,0	100,0						
Итого по СРР6	8	26/4,5	91,1	0,4	-	0,7	33,7	25,2	751,3	11,0	1,6	54,2	27,7	60,9	92,5
Электрический тельфер	2	4,7	9,4	0,4	0,5	1,7	3,3	5,7	44,2						
Вентилятор	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,5	0,6						
Вентилятор	2	1,5	3,0	0,8	0,8	0,8	2,3	1,7	4,5						
Сварочный выпрямитель	1	20,5	20,5	0,5	0,8	0,8	10,3	7,7	420,3						
Преобразователь	1	30,0	30,0	0,5	0,8	0,8	15,0	11,3	900,0						
Электрическая печь сопротивления	1	5,0	5,0	0,7	0,9	0,3	3,5	1,2	25,0						
Итого по СРП7	8	30/0,8	68,7	0,5	-	0,8	34,9	28,5	1394,6	3,0	1,3	46,8	30,7	55,9	85,0
Сверлильный станок	1	5,7	5,7	0,1	0,5	1,7	0,8	1,4	32,5						
Пресс	1	14,0	14,0	0,7	0,8	0,8	9,1	6,8	196,0						
Вальцовочный станок	1	13,0	13,0	0,3	0,9	0,6	3,9	2,4	169,0						

Продолжение таблицы 1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>
Сверлильный станок	1	4,5	4,5	0,1	0,5	1,7	0,6	1,1	20,3						
Итого по СРП9	4	14/4,5	37,2	0,4	-	0,8	14,4	11,7	417,7	3,0	1,5	20,9	12,9	24,6	37,3
Вентилятор	1	4,5	4,5	0,8	0,8	0,8	3,4	2,5	20,3						
Вращатель	1	7,0	7,0	0,1	0,5	1,7	0,8	1,5	49,0						
Сварочный преобразователь	1	76,0	76,0	0,5	0,8	0,8	38,0	28,5	5776,0						
Сварочный п/автомат	1	0,4	0,4	0,2	0,4	2,3	0,1	0,2	0,2						
Вращатель	1	3,5	3,5	0,3	0,8	0,8	1,1	0,8	12,3						
Сварочный п/автомат	2	0,2	0,4	0,2	0,4	2,3	0,1	0,2	0,1						
Трубный станок	1	14,0	14,0	0,2	0,6	1,3	2,2	3,0	196,0						
Итого по СРП 10	8	76/0,2	105,8	0,4	-	0,8	45,7	36,6	6053,7	2,0	1,8	83,6	40,3	92,8	141,0
Токарный станок	2	14,0	28,0	0,1	0,5	1,7	3,9	6,8	392,0						
Токарный станок	1	19,5	19,5	0,1	0,5	1,7	2,7	4,7	380,3						
Пресс ножницы	1	4,8	4,8	0,7	0,8	0,8	3,1	2,3	23,0						
Резьбо-нарезной станок	1	5,1	5,1	0,1	0,5	1,7	0,7	1,2	26,0						
Строгальный станок	1	5,3	5,3	0,1	0,5	1,7	0,7	1,3	28,1						
Сверлильный станок	2	5,7	11,4	0,1	0,5	1,7	1,6	2,8	65,0						
Шлифовальный станок	1	4,5	4,5	0,1	0,5	1,7	0,6	1,1	20,3						
Наждачный станок механического типа	1	14,0	14,0	0,1	0,4	2,3	1,7	3,8	196,0						
Итого по СРП 11	10	19,5/4,5	92,6	0,2	-	1,6	15,1	24,1	1130,6	8,0	1,7	25,7	26,5	36,9	56,1
Механизм транспортировки труб	1	10,0	10,0	0,2	0,4	2,3	2,0	4,6	100,0						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Трубный станок	1	1,5	1,5	0,2	0,6	1,3	0,2	0,3	2,3						
Пресс	1	7,5	7,5	0,7	0,8	0,8	4,9	3,7	56,3						
Молот	1	17,0	17,0	0,7	0,8	0,8	11,1	8,3	289,0						
Вентилятор	1	4,5	4,5	0,8	0,8	0,8	3,4	2,5	20,3						
Итого по СРП12	5	17/1,5	40,5	0,5	-	0,9	21,5	19,4	367,8	4,0	1,2	25,4	21,3	33,2	50,4
Дисковая пила	1	1,5	1,5	0,3	0,7	1,0	0,5	0,5	2,3						
Сварочный трансформатор	1	34,0	34,0	0,3	0,4	2,7	10,2	27,3	1156,0						
Наждачный станок	1	2,2	2,2	0,1	0,4	2,3	0,3	0,6	4,8						
Итого по СРП14	3	34/1,5	37,7	0,3	-	2,6	10,9	28,4	1163,1	1,0	2,5	27,3	31,2	41,4	63,0
Подъемник штор	1	4,5	4,5	0,7	0,9	0,6	3,2	1,8	20,3						
Вентилятор	1	1,5	1,5	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	2,3						
Тельфер	1	5,1	5,1	0,4	0,5	1,7	1,8	3,1	26,0						
Вращатель	1	3,5	3,5	0,1	0,5	1,7	0,4	0,7	12,3						
Итого по СРП15	4	5,1/1,5	14,6	0,4	-	1,0	6,5	6,4	60,8	4,0	1,2	8,0	7,1	10,7	16,2
Итого без освещения	75	105,8/0,2	1295,1	0,4	-	1,0	561,2	536,9	78842,6	21,0	1,0	561,2	590,6	814,7	1237,8
Освещение	63	0,4	25,2	1,0	0,9	0,6	23,9	14,8				23,9	14,8	28,2	42,8
Итого по цеху с освещением												585,1	605,4	841,9	1279,2



### 3 Расчет электрического освещения

Расчет освещения в цехе по сборке металлоконструкций производится методом коэффициента использования светового потока. Данный метод применяется для расчета общего равномерного освещения [6].

В данном помещении с большим выделением пыли, имея зрительный разряд работ III с геометрическими размерами 102x18x8 м требуется добиться освещения  $E_H=300$ . В данной ВКР будет использоваться светильники серии НВА со следующими параметрами:

- Коэффициент полезного действия светильника – 82%;
- Степень от воздействия окружающей среды, индекс IP – 65;
- Класс защиты от поражения электрическим током – II.

Расчет освещения производится по следующим формулам [7]:

Расчетная высота:

$$h_{расч} = H - h_c - h_p, \quad (3.1)$$

где  $H$  – высота помещения;  $h_c$  – высота свеса светильника;  $h_p$  – высота рабочей поверхности.

$$h_{расч} = 8 - 1 - 0,8 = 6,2 \text{ м.}$$

Расстояние между рядами и светильниками в ряду:

$$L = \lambda_c \cdot h_{расч}, \quad (3.2)$$

где  $\lambda_c$  – наивыгоднейшее относительное расстояние,  $\lambda_c = 1,2$ .

$$L = 1,2 \cdot 6,2 = 7,44 \text{ м.}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$n'_b = \frac{B}{L}, \quad (3.3)$$

где  $B$  – геометрическая ширина помещения.

$$n'_b = \frac{18}{7,44} \approx 3 \text{ шт.}$$

Расстояние по ширине от крайнего светильника до стены:

$$L = \frac{B - (n'_b - 1) \cdot L}{2}, \quad (3.4)$$

$$l = \frac{18 - (3 - 1) \cdot 7,44}{2} = 1,56 \text{ м.}$$

Индекс помещения, о.е.:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_{\text{дан}} \cdot (\hat{A} + \hat{A})}, \quad (3.5)$$

$$i = \frac{102 \cdot 18}{6,2 \cdot (102 + 18)} = 2,46$$

Коэффициент использования помещения  $\eta_{\Pi}$  узнается в зависимости от индекса исследуемого помещения, от сочетания коэффициентов отражения поверхностей помещения, от кривой силы света светильника. Для  $i = 2,46$ ,  $p_{\Pi} = 50$ ,  $p_{\text{СТ}} = 30$ ,  $p_p = 10$ ,  $\eta_{\Pi} = 52\%$ .

Коэффициент использования светового потока:

$$\eta = \eta_i \cdot \eta_N, \quad (3.6)$$

$$\eta = 0,52 \cdot 0,82 = 0,42.$$

Необходимый световой поток каждого ряда светильников:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot \kappa \cdot S \cdot z}{n \cdot \eta}, \quad (3.7)$$

где  $E_H$  – нормативна минимална освещенность, лк;  $\kappa$  – коэффициент запаса,  $\kappa = 1,5$ ;  $S$  = освещаемая площадь, м<sup>2</sup>;  $z$  = отношение  $E_{CP} / E_M$ ,  $z = 1,1$ ;  $n$  – число рядов в помещении, шт;  $\eta$  - коэффициент использования светового потока, о.е.

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 1836 \cdot 1,1}{3 \cdot 0,42} = 721285,71 \text{ лм.}$$

Примем лампу SYLVANIA HSI-NX 400W  $P_{ном} = 400$  Вт,  $\Phi_c = 35200$  лм.

Число светильников в ряду, шт.:

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_c}, \quad (3.8)$$

$$N = \frac{721285,71}{35200} = 21 \text{ шт.}$$

Определение возможности размещения полученного числа светильников:

$$L_{ряда} = N \cdot l_{свет}, \quad (3.9)$$

где  $l_{свет}$  – длина светильника.

$$L_{\text{ряда}} = 21 \cdot 0,62 = 13,02 < 102 \text{ м.}$$

Расстояние между светильниками в ряду:

$$l_p = \frac{A - 2 \cdot l_a - L_{\text{ряда}}}{N - 1}, \quad (3.10)$$

$$l_p = \frac{102 - 2 \cdot 0,5 - 13,02}{21 - 1} = 4,5.$$

Стандартный световой поток ряда светильников на 2,4% больше расчетного, что допустимо (-10%, +20%). Окончательно принимается 63 светильника НВА с лампами SYLVANIA HSI-NX 400W для каждого цеха [8].

#### 4 Выбор силовых трансформаторов

Определение типа и количества трансформаторов является одной из главных ступеней проектирования, влияющей на технико-экономическую составляющую разрабатываемой схемы электроснабжения промышленного предприятия. Выбор трансформаторов является очень не простой задачей, которая может иметь несколько верных решений, из которых следует выбрать наиболее подходящее. Главным критерием при этом является, чаще всего, технико-экономическое сравнение двух наиболее подходящих вариантов [9].

Мощность рассматриваемых трансформаторов напрямую зависит от объема нагрузки ЭП и их категории по надежности электроснабжения, от геометрических размеров цеха и тому подобное. При одинаковой равномерно распределенной нагрузке с увеличением геометрических размеров исследуемого предприятия принимаются трансформаторы с меньшей номинальной мощностью.

Выбор силовых трансформаторов будет сделан на основе данных полученных при расчете электрической нагрузки и будет находиться из выражения [10]:

$$S_{ном} = \frac{P_{p\Sigma}}{K_3 \cdot N_T}, \quad (4.1)$$

где  $S_{ном}$  – полная номинальная мощность трансформатора;  $P_{p\Sigma}$  – суммарная активная мощность равная 585,098 кВт;  $K_3$  – коэффициент запаса принятый 0,8 [11];  $N_T$  – количество трансформаторов.

Произведем расчет номинальной мощности трансформаторов:

$$S_{ном} = \frac{585,098}{0,8 \cdot 2} = 365,686 \text{ кВт}.$$

По расчетной номинальной мощности выбираем трансформатор марки ТМГ – 400/6/0,4 [12].

Паспортные данные выбранного трансформатора занесем в таблицу 2.

Таблица 2 – Паспортные данные трансформатора ТМГ – 400/6/0,4

$P_{x.x}, Bm$	$P_{к.з}, Bm$	$U_{к.з}, \%$	$i_{0(x.x)}, \%$	$K_3$	$N_T, ум$	$S_H, кВА$
770	5400	4,5	0,6	0,8	2	400

Потери в трансформаторах находятся из выражения:

$$\Delta P_T = N_T \cdot (P_{\bar{o},\bar{o}} + K_C^2 \cdot P_{\bar{e},\bar{c}}), \quad (4.2)$$

$$\Delta P_T = 2 \cdot (770 + 0,8^2 \cdot 5400) = 8452 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_T = N_T \cdot (i_0 + K_C^2 \cdot U_{\bar{e},\bar{c}}) \cdot \frac{S_H}{100}, \quad (4.3)$$

$$\Delta Q_T = 2 \cdot (0,6 + 0,8^2 \cdot 4,5) \cdot \frac{400}{100} = 27,84 \text{ квар.}$$

Расчетная нагрузка корпуса с учетом потерь в трансформаторах определяется:

$$P_p = P_{P\Sigma} + \Delta P_T, \quad (4.4)$$

$$P_p = 585,098 + 8,452 = 593,55 \text{ кВт},$$

$$Q_p = Q_{P\Sigma} + \Delta Q_T, \quad (4.5)$$

$$Q_p = 605,414 + 27,84 = 633,254 \text{ квар.}$$

Реактивная мощность в часы минимума нагрузки определяется:

$$Q_{min} = Q_p \cdot 50\% = 316,627 \text{ квар.}$$

Значения реактивной мощности, экономически обоснованные, в часы максимума энергосистемы определяются из выражения:

$$Q'_{y1} = Q_p = 633,254 \text{ квар,}$$

$$Q''_{y1} = \alpha \cdot P_p, \quad (4.6)$$

$$Q''_{y1} = 0,28 \cdot 593,55 = 166,194 \text{ квар,}$$

где  $\alpha$  – расчетный коэффициент, соответствующий установленным предприятию условиям получения от энергосистемы мощностей.

Значения реактивной мощности, экономически обоснованные, в режиме наименьших нагрузок считаются:

$$Q'_{y2} = Q_{min} = 316,627 \text{ квар,}$$

$$Q''_{y2} = Q_{min} - (Q_p - Q''_{y1}), \quad (4.7)$$

$$Q''_{y2} = 316,627 - (633,254 - 166,194) = -150,433 \text{ квар.}$$

Суммарная мощность компенсирующих устройств определяется:

$$Q_{ку\max} = 1,1 \cdot Q_p - Q''_{y1}, \quad (4.8)$$

$$Q_{ky\max} = 1,1 \cdot 633,254 - 166,194 = 530,385 \text{ квар},$$

$$Q_{ky\min} = Q_{\min} - Q'_{y2} = 0 \text{ квар}.$$

Далее рассмотрим вариант с двумя трансформаторами типа ТМГ 400 6/0,4.

Реактивная мощность, которая может быть передана из сети 6 кВ в сеть напряжением до 1 кВ и не должна компенсироваться, считается по формуле:

$$Q_{y1} = Q_{y1} - (Q_P - Q_{P\Sigma}), \quad (4.9)$$

$$Q_{y1} = 166,194 - (633,254 - 605,414) = 138,354 \text{ квар}.$$

Реактивная мощность, которая может быть передана из сети 6 кВ в сеть напряжением до 1 кВ, считается:

$$Q_T = \sqrt{(N_T \cdot K_\zeta \cdot S_f)^2 - P_{P\Sigma}^2}, \quad (4.10)$$

$$Q_T = \sqrt{(2 \cdot 0,8 \cdot 400)^2 - 585,098^2} = 259,34 \text{ квар}.$$

Мощность КУ, устанавливаемых на стороне до 1 кВ находим по формуле:

$$Q_{kyH} = Q_{P\Sigma} - Q_T, \quad (4.11)$$

$$Q_{kyH} = 605,414 - 259,32 = 346,074 \text{ квар}.$$

Так как  $Q_{kyH} > 50 \text{ квар}$ , то установка конденсаторной батареи на стороне ниже 1 кВ является целесообразной.



Выбираем 2 КУ типа УКЗМ – 0,4 – 175 – 25 в количестве стоимостью 57500 руб. каждая.

Мощность КУ, которые могут быть установлены на стороне 6 кВ считаются:

$$Q_{кв} = Q_{ку\max} - Q_{куН}, \quad (4.12)$$

$$Q_{кв} = 530,385 - 346,074 = 184,311 \text{ квар.}$$

Так как  $Q_{кв} < 800 \text{ квар}$ , то установка конденсаторной батареи на стороне 6 кВ не является целесообразной.

Затраты на установку КТП с трансформаторами ТМГ – 400/6/0,4

$$\tau = \left( 0,124 + \frac{T_i}{10000} \right)^2 \cdot T_p, \quad (4.13)$$

где  $\tau$  – время максимальных потерь;  $T_M$  – время использования максимальной нагрузки предприятия в год;  $T_p$  – время работы трансформатора в году.

$$\tau = \left( 0,124 + \frac{4500}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 2,886 \cdot 10^3 \text{ ч},$$

$$C_0 = \left( \frac{\alpha}{T_M} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot T_p, \quad (4.14)$$

где  $C_0$  – удельная стоимость потерь холостого хода;  $\beta$  – дополнительная плата за 1 кВт · час потребляемой электроэнергии.

$$C_0 = \left( \frac{116,19}{4500} + 0,27 \cdot 10^{-2} \right) \cdot 8760 = 249,8 \text{ руб/кВт} \cdot \text{год},$$

$$C = \left( \frac{\alpha}{T_M} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot \tau, \quad (4.15)$$

$$C = \left( \frac{116,19}{4500} + 0,27 \cdot 10^{-2} \right) \cdot 2,886 \cdot 10^3 = 82,3 \text{ руб/кВт} \cdot \text{год},$$

$$C \cdot \Delta P_T = C_0 \cdot \Delta P_{xx} + C \cdot K_3^2 \cdot \Delta P_{кз}, \quad (4.16)$$

где  $\Delta P_{\text{оо}}$  – потери холостого хода;  $\Delta P_{\text{эг}}$  – потери короткого замыкания.

$$C \cdot \Delta P_T = 249,8 \cdot 0,77 + 82,3 \cdot 0,8^2 \cdot 5,4 = 476,776,$$

$$Z_{\text{КТП}} = E \cdot K_{\text{ТП}} + C \cdot \Delta P, \quad (4.17)$$

$$Z_{\text{КТП}} = 0,223 \cdot ((282,5 \cdot 2) + (57,5 \cdot 2)) + (0,476 \cdot 2) = 152,452 \text{ тыс.руб},$$

$$Z_{\text{общ}} = 152,352 \text{ тыс.руб}.$$

Далее рассмотрим вариант с двумя трансформаторами типа ТМГ – 630/6/0,4.

Паспортные данные выбранного трансформатора занесем в таблицу 3.

Таблица 3 – Паспортные данные трансформатора ТМГ – 630/6/0,4

$P_{x.x}, \text{Вт}$	$P_{к.з}, \text{Вт}$	$U_{к.з}, \%$	$i_{0(x.x)}, \%$	$K_3$	$N_T, \text{шт}$	$S_H, \text{кВА}$
1050	7600	5,5	0,6	0,8	2	630

Реактивная мощность, которая может быть передана из сети 6/10 кВ в сеть напряжением до 1 кВ и не должна компенсироваться находится по формуле:

$$Q_{\text{эН}} = Q_{\text{э1}} - (Q_P - Q_{P\Sigma}), \quad (4.18)$$

$$Q_{\text{эН}} = 166,194 - (633,254 - 585,098) = 118,038 \text{ квар.}$$

Реактивная мощность которая может быть передана из сети 6 кВ в сеть напряжением до 1 кВ считается:

$$Q_T = \sqrt{(N_T \cdot K_{\zeta} \cdot S_f)^2 - P_{D\Sigma}^2} = \sqrt{(2 \cdot 0,8 \cdot 630)^2 - 585,098^2} = 820,8 \text{ квар.}$$

Мощность КУ, устанавливаемых на стороне до 1 кВ рассчитывается:

$$Q_{\text{куф}} = Q_{P\Sigma} - Q_T = 605,414 - 820,8 = -215,386 \text{ квар.}$$

Мощность КУ, которые могут быть установлены на стороне 6 кВ рассчитывается:

$$Q_{\text{э0А}} = Q_{\text{э0max}} - Q_{\text{э0ф}} = 530,380 \text{ квар.}$$

Так как  $Q_{\text{куН}} < 50 \text{ кВА}$ ,  $Q_{\text{куА}} < 800 \text{ кВА}$  то установка конденсаторной батареи является не целесообразной.

Затраты на установку КТП с трансформаторами ТМГ 630 6/0,4.

$$\tau = \left( 0.124 + \frac{4500}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 2,886 \cdot 10^3 \text{ ч},$$

$$C_0 = \left( \frac{116,19}{4500} + 0,27 \cdot 10^{-2} \right) \cdot 8760 = 249,8 \text{ руб/кВт} \cdot \text{год},$$

$$C = \left( \frac{116,19}{4500} + 0,27 \cdot 10^{-2} \right) \cdot 2,886 \cdot 10^3 = 82,3 \text{ руб/кВт} \cdot \text{год},$$

$$C \cdot \Delta P_T = 249,8 \cdot 1,05 + 82,3 \cdot 0,8^2 \cdot 7,6 = 662,59,$$

$$Z_{КТП} = 0,223 \cdot (550 \cdot 2) + (0,662 \cdot 2) = 246,624 \text{ тыс.руб.},$$

$$Z_{общ} = Z_{ку} + Z_{КТП},$$

$$Z_{общ} = 0 + 246,624 = 246,624 \text{ тыс.руб.}$$

Сравнив приведенные затраты выбираем вариант с трансформаторами ТМГ – 400/6/0,4

## 5 Выбор схемы электроснабжения

Одна из главных проблем проектирования электроснабжения заключается в уменьшении протяженности линий низшего напряжения с помощью максимального приближения ТП к потребителям электроэнергии [13].

Радиальные схемы наиболее часто применяются для питания малых по мощности приемников электроэнергии которые распределены по территории неравномерно и сосредоточены группами на разных участках, а также для отдельных сравнительно мощных электроприемников. Радиальные схемы чаще всего используются для пожароопасных, взрывоопасных и пыльных помещений. К преимуществам радиальных схем относят: высокая надежность питания (при обрыве одной линии никак не сказывается на работе других потребителей, питающихся от других линий), а также возможность автоматизации переключений и защиты [14].

В выпускной квалификационной работе применяется радиальная схема т.к. все приемники расположены на отдельных участках, электроприемники каждого участка запитываются от СРП (силовых распределительных пунктов). Например от СРП1 запитывается группа электроприемников таких как: выпрямитель сварочный многопостовой, сварочный полуавтомат, сварочный преобразователь, сварочный трансформатор. В свою очередь сами СРП получают питание по радиальным линиям от КТП.

## 6 Расчет номинальных токов

Номинальный ток — наибольший возможный по условиям нагрева токопроводящих частей и изоляции ток, при котором электрооборудование может работать неограниченно длительное время. Расчет номинальных токов производится с целью определения значения, по которому будут выбираться автоматические выключатели, трансформаторы тока, сечения жил кабелей [15].

Расчет номинальных токов производится по следующим формулам[16]:

Для однофазных приемников:

$$I_p = \frac{P_n}{0,220 \cdot \cos \varphi}, \quad (6.1)$$

где  $P_n$  — номинальная активная мощность электроприёмника,  $\cos \varphi$  — номинальный коэффициент мощности станка.

Для трехфазных приемников:

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot 0,380 \cdot \cos \varphi}, \quad (6.2)$$

Произведем расчет номинального тока выпрямителя сварочного многопостового:

$$I_p \frac{152}{\sqrt{3} \cdot 0,380 \cdot 0,8} = 288,68 A.$$

Остальной расчет номинальных токов сведен в таблицу 4.

Таблица 4 – Номинальные токи ЭП

Наименование ЭП	$I_p$ , А	Наименование ЭП	$I_p$ , А
1	2	3	4
Выпрямитель сварочный многопостовый	288,68	Электрическая печь сопротивления	8,44
Сварочный п/автомат	0,76	Сверлильный станок	17,32
Сварочный преобразователь	53,17	Пресс	26,58
Сварочный трансформатор	391,17	Вальцовочный станок	21,94
Сварочный выпрямитель	136,74	Сверлильный станок	13,67
Вентилятор	5,69	Вентилятор	8,54
Тельфер	14,28	Вращатель	21,27
Сварочный п/автомат	0,76	Сварочный преобразователь	144,34
Кран балка	22,48	Сварочный п/автомат	1,51
Вентилятор	2,84	Вращатель	6,64
Пресс	200,93	Сварочный п/автомат	0,76
Разрывная машина	10,33	Трубный станок	35,45
Трансформаторный склад	31,33	Токарный станок	42,54
Тельферный станок для чистки проволоки	19,14	Токарный станок	59,25
Анодно-механические станки	215,31	Пресс ножницы	9,11
Пресс эксцентриковый типа КА-213	58,49	Резьбо-нарезной станок	15,49
Сварочный выпрямитель	20,89	Строгальный станок	16,10
Мостовой кран	54,69	Сверлильный станок	17,32
Щит освещения	84,41	Шлифовальный станок	13,67
Рольганг	17,09	Наждачный станок механического типа	53,17

Продолжение таблицы 4

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Сварочный трансформатор	106,35	Механизм транспортировки труб	37,98
Радиально-сверлильный станок	20,36	Трубный станок	3,78
Сварочный п/автомат	0,76	Пресс	14,24
Гильотинные ножницы	56,43	Молот	32,28
Заплеточный станок	17,09	Вентилятор	8,54
Стенд испытания	32,28	Дисковая пила	3,25
Пресс-ножницы	9,11	Сварочный трансформатор	129,14
Гильотинные ножницы	30,33	Наждачный станок	8,35
Компрессор	16,88	Подъемник штор	7,59
Воздушная завеса	16,88	Вентилятор	2,84
Электрический тельфер	14,28	Тельфер	19,37
Вентилятор	1,51	Вращатель	10,63
Вентилятор	2,84		
Сварочный выпрямитель	38,93		
Преобразователь	56,99		



## 7 Расчет токов КЗ

Короткое замыкание (КЗ) является одной из главных причин нарушения нормальной работы системы электроснабжения. В следствии неправильных действий персонала или дефекта изоляции может произойти повреждения как всей системы, так и отдельных элементов электрооборудования. Определение токов КЗ и правильно выбранное оборудование, позволит в кратчайшие сроки восстановить нормальный режим работы системы электроснабжения и даст возможность снизить ущерб, вызванный поломкой электрооборудования при протекании токов КЗ в нем [17].

В большинстве случаев расчетным видом КЗ, для проверки параметров и выбора оборудования, является трехфазное КЗ. Но для релейной защиты и автоматики следует рассчитать несимметричные токи КЗ т.к. по ним проверяются уставки релейной защиты

В зависимости от задачи расчета токов КЗ выбирают местоположение точек КЗ на схеме, сопротивление элементов схемы замещения, расчетную схему и определяют вид КЗ. В сетях напряжением до 1 кВ и выше расчет токов КЗ имеет ряд особенностей.

Силовой трансформатор входит в схему замещения активным  $R_T$  и индуктивным  $X_T$  сопротивлениями, приведенными к базисному напряжению, т.е к  $U_{н.нн}$ .

Индуктивное сопротивление системы  $X_c$  определяется по выражению:

$$X_c = \frac{U_{н.нн}^2}{S_c} \cdot 10^3, \quad (7.1)$$

где  $U_{н.нн}$  – напряжение на низкой стороне;  $S_c$  – мощность системы равная 100 МВА [18].

$$X_c = \frac{0,4^2}{100} \cdot 10^3 = 1,6 \text{ мОм.}$$

Активное сопротивление  $R_T$  определяется по выражению:

$$R_T = \frac{P_{кз} \cdot U_{н.нн}^2}{S_n^2} \cdot 10^6, \quad (7.2)$$

$$R_T = \frac{5,4 \cdot 0,4^2}{400^2} \cdot 10^6 = 5,4 \text{ мОм.}$$

где  $P_{кз}$  – потери короткого замыкания;  $S_i^2$  – номинальная паспортная мощность трансформатора.

Полное сопротивление трансформатора  $Z_T$  определяется по выражению:

$$Z_T = \frac{U_k \cdot U_{н.нн}^2}{S_n} \cdot 10^4, \quad (7.3)$$

$$Z_T = \frac{4,5 \cdot 0,4^2}{400} \cdot 10^4 = 18 \text{ мОм.}$$

где  $U_k$  – напряжение короткого замыкания.

Индуктивное сопротивление трансформатора  $X_T$  определяется по выражению:

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}, \quad (7.4)$$

$$X_T = \sqrt{18^2 - 5,4^2} = 17,7 \text{ мОм.}$$

Активные и индуктивные сопротивления кабелей определяются по удельным параметрам кабелей и их длине:

$$R_{\kappa} = r_{y\partial} \cdot l, \quad (7.5)$$

где  $r_{y\partial}$  удельное активное сопротивление кабеля соответствующей последовательности;  $l$  – длина кабеля.

$$R_{\kappa 1} = r_{y\partial 1} \cdot l_1 = 0,1 \cdot 21,3 = 2,31 \text{ мОм},$$

$$R_{\kappa 2} = r_{y\partial 2} \cdot l_2 = 0,195 \cdot 3 = 0,585 \text{ мОм},$$

$$X_{\kappa} = x_{y\partial} \cdot l, \quad (7.6)$$

где  $x_{y\partial}$  – удельное индуктивное сопротивление кабеля соответствующей последовательности.

$$X_{\kappa 1} = x_{y\partial 1} \cdot l_1 = 0,078 \cdot 21,3 = 1,66 \text{ мОм},$$

$$X_{\kappa 2} = x_{y\partial 2} \cdot l_2 = 0,081 \cdot 3 = 0,243 \text{ мОм}.$$

$x_{y\partial}$  – удельное индуктивное сопротивление кабеля соответствующей последовательности.

Активное и реактивное сопротивления трансформаторов тока и автоматических выключателей берутся из паспортных данных.

Ток металлического трехфазного КЗ определяется по формуле:

$$I_{км} = \frac{U_{н.нн}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{U_{н.нн}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{1\Sigma}^2 + X_{1\Sigma}^2}}, \quad (7.7)$$

по схеме замещения прямой последовательности суммарные сопротивления  $R_{1\Sigma}$  и  $X_{1\Sigma}$  определяем арифметическим суммированием сопротивлений до точки КЗ:

$$R_{1\Sigma} = \sum R, \quad (7.8)$$

$$X_{1\Sigma} = \sum X, \quad (7.9)$$

Расчет дугового трехфазного КЗ выполняется в следующем порядке:

Определяются значения снижающего коэффициента для начального момента КЗ ( $K_{c1}$ ) и для установившегося КЗ ( $K_{c2}$ ) [19].

Ток трехфазного дугового КЗ определяется по формуле:

$$I_{кд} = I_{км} \cdot K_{c1}, \quad (7.10)$$

где  $I_{км}$  – металлический ток короткого замыкания.

Ударный ток определяется по формуле:

$$i_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{км}, \quad (7.11)$$

где  $K_y$  – ударный коэффициент, определяемый по характеристике, данной в методическом указании, через соотношение:

$$\frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} \quad (7.12)$$

Составим схему для расчета токов КЗ:

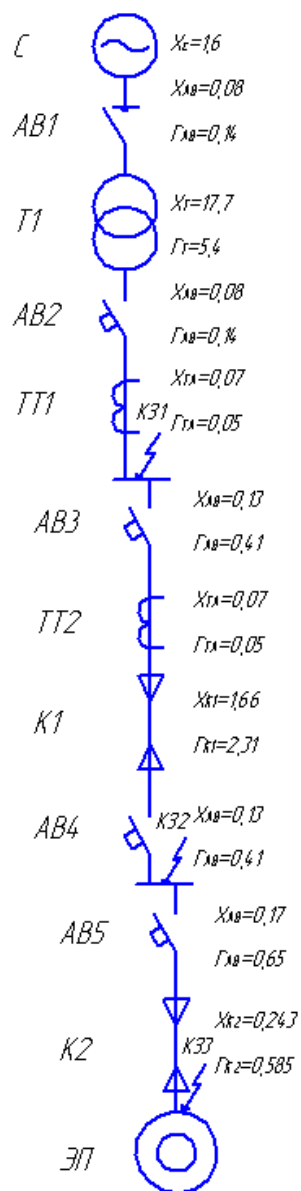


Рисунок 2 – Схема для расчета токов КЗ

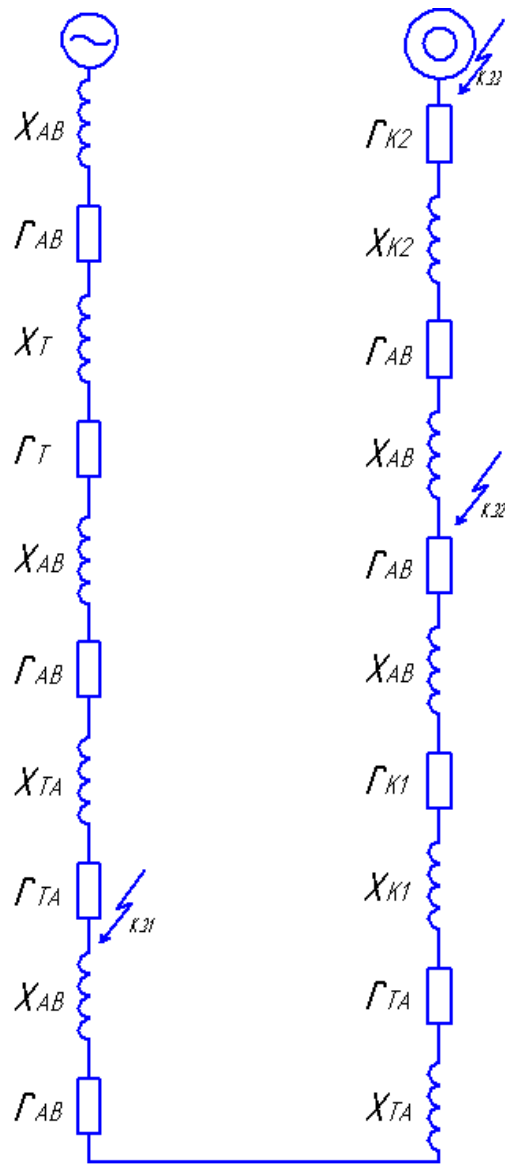


Рисунок 3 – Схема замещения для расчета токов КЗ

Произведем расчет тока КЗ в К1:

$$R_{1\Sigma} = 5,4 + 0,14 + 0,14 + 0,05 = 5,73 \text{ мОм} ,$$

$$X_{1\Sigma} = 17,7 + 1,6 + 0,08 + 0,08 + 0,07 = 19 \text{ мОм} ,$$

$$Z_{1\Sigma} = \sqrt{5,73^2 + 19^2} = 19,84 \text{ мОм} ,$$

$$I_{км} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 19,84} = 11,64 \text{ кА} ,$$

$$K_{c1} = 0,7, K_{c2} = 0,64,$$

$$I_{\kappa\delta} = 11,64 \cdot 0,7 = 8,148 \text{ кА},$$

$$I_{\kappa\mu} = 11,64 \cdot 0,8 = 7,44 \text{ кА},$$

$$\frac{X_{1\Sigma}}{R_{1\Sigma}} = \frac{19}{5,73} = 3,31, K_y \approx 1,25,$$

$$i_y = 1,25 \cdot \sqrt{2} \cdot 11,64 = 20,57 \text{ кА}.$$

Произведем расчет тока КЗ в К2:

$$R_{1\Sigma} = 5,73 + 0,41 + 0,05 + 2,31 + 0,41 = 8,91 \text{ мОм},$$

$$X_{1\Sigma} = 19 + 0,13 + 0,07 + 1,66 + 0,13 = 20,99 \text{ мОм},$$

$$Z_{1\Sigma} = \sqrt{8,91^2 + 20,99^2} = 22,8 \text{ мОм},$$

$$I_{\kappa\mu} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 22,8} = 10,12 \text{ кА},$$

$$K_{c1} = 0,72, K_{c2} = 0,66,$$

$$I_{\kappa\delta} = 10,12 \cdot 0,72 = 7,28 \text{ кА},$$

$$I_{\kappa\mu} = 10,12 \cdot 0,66 = 6,67 \text{ кА},$$

$$\frac{X_{1\Sigma}}{R_{1\Sigma}} = \frac{20,99}{8,91} = 2,3, \quad K_y \approx 1,2,$$

$$i_y = 1,2 \cdot \sqrt{2} \cdot 10,12 = 17,17 \text{ кА}.$$

Произведем расчет тока КЗ в КЗ:

$$R_{1\Sigma} = 8,91 + 0,65 + 0,585 = 10,145 \text{ мОм},$$

$$X_{1\Sigma} = 20,99 + 0,17 + 0,243 = 21,403 \text{ мОм},$$

$$Z_{1\Sigma} = \sqrt{10,145^2 + 21,403^2} = 23,68 \text{ мОм},$$

$$I_{\text{кМ}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 23,68} = 9,75 \text{ кА},$$

$$K_{c1} = 0,74, \quad K_{c2} = 0,68,$$

$$I_{\text{кД}} = 9,75 \cdot 0,74 = 7,215 \text{ кА},$$

$$I_{\text{кМ}} = 9,75 \cdot 0,68 = 6,63 \text{ кА},$$

$$\frac{X_{1\Sigma}}{R_{1\Sigma}} = \frac{21,403}{10,145} = 2,109, \quad K_y \approx 1,2,$$

$$i_y = 1,2 \cdot \sqrt{2} \cdot 9,75 = 16,54 \text{ кА}.$$



Выбранное для защиты оборудование прошло проверку по коммутационной способности и стойкости к ударному току, значит оно сможет отключить токи КЗ в данной системе, а, следовательно, оборудование подобрано верно.

## 8 Выбор оборудования

Оборудование выбирают по мощности, напряжению, роду тока или току приемника, способу исполнения. При выборе нужно учитывать, чтобы технические данные выбираемого оборудования соответствовали расчетным данным мощности и тока той электрической цепи в которой он устанавливается.

К защитным аппаратам причисляются плавкие предохранители и автоматические выключатели.

Автоматические выключатели используются для отключения электрических цепей при ненормальных режимах работы (снижение или исчезновение напряжения, перегрузках) и при коротком замыкании, а также для редкого отключения и включения токов нагрузки. Отключение выключателя при коротком замыкании и перегрузках выполняется расцепителем, автоматическим устройством встроенным в выключатель. Выключатель может иметь комбинированный расцепитель (тепловой и электромагнитный) или только электромагнитный отключающий ток короткого замыкания [20].

### 8.1 Выбор выключателя нагрузки на стороне 6 кВ

Выключатель нагрузки выбирается по следующим параметрам:

1) Номинальному току:

$$I_{ном.дл} \leq I_{ном};$$

2) Номинальному напряжению:

$$U_{ном} \leq U_{сет.ном};$$

3) Отключающей способности:

$$I_{max.раб} \leq I_{ном.откл};$$

4) предельному сквозному току КЗ – на электродинамическую стойкость.

5) тепловому импульсу – на термическую стойкость:

$$B_k \leq I_T^2 \cdot t_T.$$

Выберем выключатель нагрузки ВНА – СЭЩ на стороне 6 кВ [21].

Расчетные токи продолжительного режима с учетом 40 % перегрузки:

$$I_{max} = 1,4 \cdot \frac{S_{т.ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (8.1)$$

где  $S_{т.ном}$  – номинальная мощность трансформатора;  $U_{ном}$  – номинальное напряжение.

$$I_{max} = 1,4 \cdot \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 6} = 53 \text{ A.}$$

Термическая стойкость с продолжительностью КЗ  $t_{откл} = 0,2$ с. составляет:

$$B_k = I_{н,о}^3 \cdot (t_{откл} + T_a), \quad (8.2)$$

$$B_k = 2,061 \cdot (0,2 + 0,12) = 0,45 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Выбор и сравнение каталожных данных с расчетными занесен в таблицу

5.

Таблица 5 – Выбор выключателя 6кВ

Выключатель ВНА – СЭЩ 10 кВ	
Расчетные данные	Каталожные данные
$U_{ном} = 6 \text{ кВ}$	$U_{сет.ном.} = 10 \text{ кВ}$
$I_{max} = 53 \text{ А}$	$I_{ном.} = 630 \text{ А}$
$I_{n,o}^{1,1} = 53 \text{ А}$	$I_{откл.ном.} = 630 \text{ А}$
$I_{n.o} = 2,061 \text{ кА}$	$I_{пр.с} = 51 \text{ кА}$
$I_{y\partial} = 4,955 \text{ кА}$	$i_{пр.с} = 51 \text{ кА}$
$B_{\kappa} = 2,061 \cdot (0,2 + 0,12) = 0,45 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$t_{откл} < t_T, \text{ то}$ $I_T^2 \cdot t_{откл} = 20^2 \cdot 1 = 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

## 8.2 Выбор предохранителя на стороне 6 кВ.

Предохранители выбираются по следующим параметрам:

1) Рабочему току:

$$I_{раб} \leq I_{ном};$$

2) Напряжению установки:

$$U_{ном} \leq U_{сет.ном};$$

3) Конструкции и роду установки;

4) Току отключения

$$I_{n.p.откл} \approx I_{n.p.откл.ном.}$$

Выбор и сравнение каталожных данных с расчетными занесен в таблицу

6.

Таблица 6 – Выбор предохранителя 6 кВ

Предохранитель ПКТ-102-6-80-20 УЗ	
Расчетные данные	Каталожные данные
$I_{max} = 53 \text{ A}$	$I_{ном.} = 80 \text{ A}$
$U_{ном} = 6 \text{ кВ}$	$U_{сет.ном.} = 6 \text{ кВ}$
$I_{н.о} = 2,061 \text{ кА}$	$I_{пр.с} = 20 \text{ кА}$

### 8.3 Выбор вводных автоматических выключателей и трансформаторов тока

Выбор вводных автоматических выключателей и трансформаторов тока сведен в таблицу 7.

Таблица 7 – Выбор вводных автоматических выключателей и трансформаторов тока

Наименование	Ток	Автоматический выключатель ( $I_{ном}$ )	Трансформатор тока	Кабель, сечение жилы мм <sup>2</sup>
SF 1	409,27	ВА-СЭЩ-TS630 (500)	ТОП-СЭЩ - 600/5	2ВВГнг 4х240
SF 2	233,21	ВА-СЭЩ-TS250 (250)	ТОП-СЭЩ - 300/5	2ВВГнг 4х120
SF 3	449,04	ВА-СЭЩ-TS600 (500)	ТОП-СЭЩ - 600/5	2ВВГнг 4х240
SF 4	56,10	ВА-СЭЩ-TD100 (63)	ТОП-СЭЩ - 75/5	ВВГнг 4х70
SF 5	241,45	ВА-СЭЩ-TS250 (250)	ТОП-СЭЩ - 600/5	3ВВГнг 4х95
SF 6	50,39	ВА-СЭЩ-TD100 (63)	ТОП-СЭЩ - 600/5	ВВГнг 4х70
SF 7	122,32	ВА-СЭЩ-TD160 (120)	ТОП-СЭЩ - 600/5	3ВВГнг 4х50
SF 8	16,21	ВА-СЭЩ-TD100 (20)	ТОП-СЭЩ - 20/5	ВВГнг 4х25
Q 1	1279,19	ВА-СЭЩ-АН-16D (1600)	ТОЛ-СЭЩ 10 - 2000/5	3ВВГнг 4х240
Q 2	1279,19	ВА-СЭЩ-АН-16D (1600)	ТОЛ-СЭЩ 10 - 2000/5	3ВВГнг 4х240
Q 3	1279,19	ВА-СЭЩ-АН-16D (1600)	-	-

#### 8.4 Выбор автоматических выключателей и кабелей.

Выбор автоматических выключателей и сечений проводов занесет в таблицу 8.

Таблица 8 – Выбор автоматических выключателей и сечений проводов

Наименование оборудования	$P_n$ , кВт	$\cos\varphi$	$I_p$ , А	Наименование выключателя ( $I_{ном}$ )	Кабель, сечение жилы мм <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6
Выпрямитель сварочный многопостовый	152,0	0,8	274,36	ВА-СЭЩ-TS400 (300)	3ВВГнг 4х95
Сварочный п/автомат	0,2	0,4	0,76	ВА-СЭЩ-TD100 (16)	ВВГнг 4х1,5
Сварочный преобразователь	28,0	0,8	53,17	ВА-СЭЩ-TD100 (63)	ВВГнг 4х70
Сварочный трансформатор	84,0	0,4	391,17	ВА-СЭЩ-TD400 (400)	2ВВГнг 4х240
Сварочный выпрямитель	72,0	0,8	136,74	ВА-СЭЩ-TD160 (160)	3ВВГнг 4х50
Вентилятор	3,0	0,8	5,69	ВА-СЭЩ-TD100 (16)	ВВГнг 4х6
Тельфер	4,7	0,5	14,28	ВА-СЭЩ-TD100 (16)	ВВГнг 4х16
Сварочный п/автомат	0,2	0,4	0,76	ВА-СЭЩ-TD100 (16)	ВВГнг 4х1,5
Кран балка	7,4	0,5	22,48	ВА-СЭЩ-TD100 (25)	ВВГнг 4х25
Вентилятор	1,5	0,8	2,84	ВА-СЭЩ-TD100 (16)	ВВГнг 4х4
Пресс	105,8	0,8	200,93	ВА-СЭЩ-TS250 (259)	ВВГнг 4х240
Разрывная машина	3,4	0,5	10,33	ВА-СЭЩ-TD100 (16)	ВВГнг 4х16
Трансформаторный склад	16,5	0,8	31,33	ВА-СЭЩ-TD100 (32)	ВВГнг 4х35
Тельферный станок для чистки проволоки	6,3	0,5	19,14	ВА-СЭЩ-TD100 (20)	ВВГнг 4х25
Анодно механические станки	99,2	0,7	215,31	ВА-СЭЩ-TS250 (250)	ВВГнг 4х240
Пресс эксцентриковый типа КА-213	30,8	0,8	58,49	ВА-СЭЩ-TD100 (63)	ВВГнг 4х70
Сварочный выпрямитель	11,0	0,8	20,89	ВА-СЭЩ-TD100 (25)	ВВГнг 4х25

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6
Мостовой кран	18,0	0,5	54,69	ВА-СЭЩ-ТД100 (63)	ВВГнг 4х70
Щит освещения	50,0	0,9	84,41	ВА-СЭЩ-ТД100 (100)	ВВГнг 4х95
Рольганг	4,5	0,4	17,09	ВА-СЭЩ-ТД100 (20)	ВВГнг 4х25
Сварочный трансформатор	28,0	0,4	106,35	ВА-СЭЩ-ТД160 (125)	ВВГнг 4х120
Радиально-сверлильный станок	6,7	0,5	20,36	ВА-СЭЩ-ТД100 (25)	ВВГнг 4х25
Сварочный п/автомат	0,2	0,4	0,76	ВА-СЭЩ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х1,5
Гильотинные ножницы	26,0	0,7	56,43	ВА-СЭЩ-ТД100 (63)	ВВГнг 4х70
Заплеточный станок	4,5	0,4	17,09	ВА-СЭЩ-ТД100 (20)	ВВГнг 4х20
Стенд испытания	17,0	0,8	32,28	ВА-СЭЩ-ТД100 (40)	ВВГнг 4х35
Пресс-ножницы	4,8	0,8	9,11	ВА-СЭЩ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х10
Гильотинные ножницы	14,0	0,7	30,33	ВА-СЭЩ-ТД100 (32)	ВВГнг 4х35
Компрессор	10,0	0,9	16,88	ВА-СЭЩ-ТД100 (20)	ВВГнг 4х20
Воздушная завеса	10,0	0,9	16,88	ВА-СЭЩ-ТД600 (20)	ВВГнг 4х20
Электрический тельфер	4,7	0,5	14,28	ВА-СЭЩ-ТД100 (20)	ВВГнг 4х16
Вентилятор	0,8	0,8	1,51	ВА-СЭЩ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х2,5
Вентилятор	1,5	0,8	2,84	ВА-СЭЩ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х4
Сварочный выпрямитель	20,5	0,8	38,93	ВА-СЭЩ-ТД100 (40)	ВВГнг 4х50
Преобразователь	30,0	0,8	56,99	ВА-СЭЩ-ТД100 (63)	ВВГнг 4х70
Электрическая печь сопротивления	5,0	0,9	8,44	ВА-СЭЩ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х10
Сверлильный станок	5,7	0,5	17,32	ВА-СЭЩ-ТД100 (20)	ВВГнг 4х20
Пресс	14,0	0,8	26,58	ВА-СЭЩ-ТД100 (32)	ВВГнг 4х35
Вальцовочный станок	13,0	0,9	21,94	ВА-СЭЩ-ТД100 (25)	ВВГнг 4х25
Сверлильный станок	4,5	0,5	13,67	ВА-СЭЩ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х16

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6
Вентилятор	4,5	0,8	8,54	ВА-СЭЩ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х10
Вращатель	7,0	0,5	21,27	ВА-СЭЩ-ТД100 (25)	ВВГнг 4х25
Сварочный преобразователь	76,0	0,8	144,34	ВА-СЭЩ-ТД160 (160)	ВВГнг 4х185
Сварочный п/автомат	0,4	0,4	1,51	ВА-СЭЩ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х2,5
Вращатель	3,5	0,8	6,64	ВА-СЭЩ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х10
Сварочный п/автомат	0,2	0,4	0,76	ВА-СЭЩ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х1,5
Трубный станок	14,0	0,6	35,45	ВА-СЭЩ-ТД100 (40)	ВВГнг 4х50
Токарный станок	14,0	0,5	42,54	ВА-СЭЩ-ТД100 (50)	ВВГнг 4х50
Токарный станок	19,5	0,5	59,25	ВА-СЭЩ-ТД100 (63)	ВВГнг 4х70
Пресс ножницы	4,8	0,8	9,11	ВА-СЭЩ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х10
Резьбо-нарезной станок	5,1	0,5	15,49	ВА-СЭЩ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х25
Строгальный станок	5,3	0,5	16,10	ВА-СЭЩ-ТД100 (20)	ВВГнг 4х25
Сверлильный станок	5,7	0,5	17,32	ВА-СЭЩ-ТД100 (20)	ВВГнг 4х25
Шлифовальный станок	4,5	0,5	13,67	ВА-СЭЩ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х16
Наждачный станок механического типа	14,0	0,4	53,17	ВА-СЭЩ-ТД100 (63)	ВВГнг 4х70
Механизм транспортировки труб	10,0	0,4	37,98	ВА-СЭЩ-ТД100 (40)	ВВГнг 4х50
Трубный станок	1,5	0,6	3,78	ВА-СЭЩ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х4
Пресс	7,5	0,8	14,24	ВА-СЭЩ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х16
Молот	17,0	0,8	32,28	ВА-СЭЩ-ТД100 (40)	ВВГнг 4х35
Вентилятор	4,5	0,8	8,54	ВА-СЭЩ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х10
Дисковая пила	1,5	0,7	3,25	ВА-СЭЩ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х4
Сварочный трансформатор	34,0	0,4	129,14	ВА-СЭЩ-ТД160 (160)	ВВГнг 4х185



Продолжение таблицы 8

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Наждачный станок	2,2	0,4	8,35	ВА-СЭЦ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х10
Подъемник штор	4,5	0,9	7,59	ВА-СЭЦ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х10
Вентилятор	1,5	0,8	2,84	ВА-СЭЦ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х4
Тельфер	5,1	0,5	19,37	ВА-СЭЦ-ТД100 (20)	ВВГнг 4х25
Вращатель	3,5	0,5	10,63	ВА-СЭЦ-ТД100 (16)	ВВГнг 4х16

## 9 Расчет заземления КТП

Заземление – это специальное электрическое соединение с землей частей электрооборудования, которое может попасть под напряжение, поэтому все металлические части электрооборудования, не находящиеся под напряжением, должны быть заземлены.

Заземляющие устройства должны удовлетворять возложенным на них определенным требованиям, а именно величины сопротивления растекания токов и распределения опасного потенциала.

Расчет заземления производится для того чтобы определить сопротивление сооружаемого контура заземления при эксплуатации, его размеры и форму. Как известно, контур заземления состоит из вертикальных заземлителей, горизонтальных заземлителей и заземляющего проводника. Вертикальные заземлители вбиваются в почву на определенную глубину, горизонтальные заземлители соединяют между собой вертикальные заземлители. Заземляющий проводник соединяет контур заземления непосредственно с электрощитом.

Размеры и количество этих заземлителей, расстояние между ними, удельное сопротивление грунта – все эти параметры напрямую зависят от сопротивления заземления.

Расчет заземления ведется по следующим формулам[22]:

Нормируемое сопротивление заземляющего устройства  $R_3 = 4 \text{ Ом}$ [5], т.к. удельное сопротивление грунта более  $1 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$ .

$$R_3 = p \cdot 0,01 \cdot 4, \quad (9.1)$$

$$R_3 = 300 \cdot 0,01 \cdot 4 = 12 \text{ Ом}.$$

Удельное сопротивление засыпаемого грунта (чернозем)  $p = 0,6 \cdot 10^4$

Ом·см<sup>2</sup>.

При устройстве заземлений в тяжелых грунтах с грунтом заполнителем, расчетное удельное сопротивление этого грунта определяется по формуле:

$$P_{расч} = \frac{P_{гр}}{K}, \quad (9.2)$$

где:  $P_{гр}$  – удельное сопротивление грунта (песок), Ом;  $K$  – коэффициент, значение которого для вертикальных заземлителей из угловой стали 50х50х5 длиной 2,5 м при размещении в котлованах радиусом ( $r$ ) 2 м.

$$P_{расч} = \frac{300}{3} = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Климатическая зона – III.

Среднее значение коэффициента сезонности для протяженного заземлителя  $K_n=2$ , для стержневого заземлителя  $K_c=1,4$ .

Заземляющее устройство выполняется в виде контура из стальной полосы сечением 40х4мм., проложенной на глубине 0,5м вокруг КТП и стержней из угловой стали 50х50х5мм, длиной 3м. Общая длина полосы по плану 25м для 4 электродов заземления. Расстояние между вертикальными заземлителями  $a= 5$  м.

Сопротивление одиночного стержня составит:

$$R_g = 0,00318 \cdot p \cdot K_c, \quad (9.3)$$

где  $p$  – удельное сопротивление грунта.

$$R_g = 0,00318 \cdot 0,1 \cdot 10^4 \cdot 1,4 = 44,5 \text{ Ом}.$$

Сопротивление всех стержней растеканию тока составит:

$$R_c = \frac{R_6}{n \cdot \eta_c}, \quad (9.4)$$

где  $n$  – количество стержней, руководствуясь планом размещения КТП - 4 шт,  
 $\eta_c$  – коэффициент использования стержней равен 0,8.[24]

$$R_c = \frac{44,5}{4 \cdot 0,8} = 13,9 \text{ Ом.}$$

Сопротивление протяженного заземлителя равно:

$$R_{np} = \left( \frac{0,366}{l} \right) \cdot p \cdot K_n \cdot \lg \left( \frac{2 \cdot l}{b \cdot t} \right), \quad (9.5)$$

где  $l$  – длина протяженного заземлителя (полоса 40x4 мм) составляет 25 м.;  $t$  – глубина заложения равная 50 см.;  $b$  – ширина заземлителя равная 0,4 см.

$$R_{np} = \left( \frac{0,366}{2500} \right) \cdot 0,1 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot \lg \left( \frac{2 \cdot 2500}{0,4 \cdot 50} \right) = 16,7 \text{ Ом.}$$

Действительное сопротивление протяженного заземлителя:

$$R_n = R_{np} \cdot \eta_c, \quad (9.6)$$

$$R_n = 16,7 \cdot 0,8 = 13,4 \text{ Ом.}$$

Сопротивление всего заземляющего устройства:

$$R_n = \frac{R_c \cdot R_n}{R_c + R_n}, \quad (9.7)$$

$$R_n = \frac{13,9 \cdot 23}{13,9 + 23} = 8,7 \text{ } O_M < 12 \text{ } O_M.$$

## 10 Монтаж электрооборудования

Монтаж электрооборудования проводят в две стадии. Первая стадия – это подготовка трасс для кабельных силовых линий, закладка строительных конструкций для установки электрооборудования, прокладка заземляющих устройств, оборудование трасс внешних электропроводок. Как правило, монтаж электрооборудования на первой стадии завершается косметическим ремонтом помещения – об этом следует знать и позаботиться заранее, чтобы были соблюдены нормы СНиП и придать помещению эстетический, привлекательный вид.

Вторая стадия представляет собой выполнение сборочных работ. Монтаж электрооборудования завершается ревизией, которая производится в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей оборудования.

Помимо прочего, монтажные работы включают в себя монтаж электродвигателей и пускорегулирующей аппаратуры. Важно знать, что монтаж крупных установок требует использования специальных оборудованных машин: тельферов, кранов, погрузчиков и подъемников. Недопустимо использование при монтаже электрооборудования веревок, тросов, лебедок и талей, а также живой рабочей силы при установке двигателей на фундамент, если их вес превышает допустимый. Также монтаж и наладка электрооборудования сопровождается продувкой электродвигателей сжатым воздухом, снаружи его обрабатывают ветошью, смоченной в керосине или аналогичной жидкости. Замена смазки в подшипниках качения необязательно, если это не предусмотрено плановыми работами.

Монтаж распределительных шкафов осуществляется с учетом особенностей помещения, способа прокладки кабелей и условий эксплуатации. Лучшим вариантом для офиса, где проводка будет скрыта, будет внутренний электрощит. Для открытой электропроводки подойдет накладной щит короб.

Сборка оборудования может производиться как по типовым, так и по индивидуальным электропроектам. На каждом этапе работы осуществляется

контроль за качеством сборки. К электрощитам для промышленных объектов предъявляются более высокие требования по безопасности, надежности и автоматизации. Такое оборудование требует дополнительной защиты от пыли и влаги.

Требования к промышленному освещению более жесткие, чем в частных домах или квартирах. Они предусматривают длительное пребывание и выполнение работ в условиях искусственного освещения значительного числа людей. Нормативная документация регламентирует характеристики света, исходя из научных данных об оптимальной производительности труда с учетом требования освещенности, энергосбережения и защиты зрения сотрудников с учетом остальных производственных факторов. В строгом соответствии со СНиП производится расчет освещенности, подбираются светильники и места их размещения для обеспечения рассеянного света.

Важным условием при электромонтаже промышленных объектов в местах массового скопления людей считается обеспечение безопасности. Прежде всего подбор конструкций, светильников и прокладки должны соответствовать электро и пожаробезопасности, как правило, предъявляются более жесткие требования к ударопрочности, пылезащищенности, также учитываются особенности производственных процессов, накладывающие дополнительные требования к проектированию и монтажу промышленного освещения [23].

## Заключение

В данной выпускной квалификационной работе было реконструировано электрооборудование ООО ГСИ «Нефтехиммонаж». Произведен расчет электрических нагрузок, суммарная активная мощность составляет  $P_p = 561,2$  кВт, суммарная реактивная мощность составляет  $Q_p = 590,6$  квар, полная расчетная мощность группы цехов составляет  $S_p = 814,7$  кВА, без учета освещения.

Далее был произведен расчет освещения методом коэффициента использования светового потока. Расчетная активная и реактивная мощность освещения составляют  $P_p = 23,9$  кВт и  $Q_p = 14,8$  квар. Имея два помещения с геометрическими размерами 102x18x8, были выбраны 63 светильника НВА с лампами SYLVANIA HSI-NX 400W в каждом помещении.

Рассмотрены два варианта выбора трансформаторов по расчетной номинальной мощности равной  $S_{ном} = 365,686$  кВА. Для рассмотрения были выбраны трансформаторы марки ТМГ – 400/6/0,4 и ТМГ – 630/6/0,4. После сравнения приведенных затрат был выбран вариант с трансформаторами ТМГ – 400/6/0,4.

В выпускной квалификационной работе была применена радиальная схема электроснабжения т.к. все приемники расположены на отдельных участках, электроприемники каждого участка запитываются от СРП (силовых распределительных пунктов). В свою очередь сами СРП получают питание по радиальным линиям от КТП.

Определены значения номинальных и расчетных токов, по которым были выбраны автоматические выключатели, трансформаторы тока, сечения жил кабелей.

Рассчитаны токи короткого замыкания и выбранное для защиты оборудование прошло проверку по отключающей способности и на стойкость ударному току, значит оно сможет отключить токи КЗ в данной системе, а, следовательно, оборудование подобрано верно.



Была выбрана комплектная трансформаторная подстанция (КТП) компании ЗАО группа компаний Электроцит Самара (СЭЦ), с комплектом оборудования.

Произведен расчет заземления КТП.

## Список использованных источников

- 1 Почаевец, В.С. Электрические подстанции: Учебник [Текст]: учебник для вузов / В.С. Почаевец – изд. УМЦ ЖДТ (Маршрут), 2012. – 492 с.
- 2 Csanyi, E. Site selection considerations for the future power substation – [Электронный ресурс]: Reference: Jim Burke (Baltimore Gas & Electric Company) Anne-Marie Sahazizian (Hydro One Networks, Inc.)/ Режим доступа: <http://electrical-engineering-portal.com/site-selection-considerations-for-the-future-power-substation.html> (дата обращения 23.03.2016).
- 3 Васильева, В.Я. Эксплуатация электрооборудования электрических станций и подстанций [Текст]: Учебное пособие / В.Я. Васильева – изд. Чуваш. ун-та, 2006. – 864 с.
- 4 Рожин, А.Н. Внутривзаводское электроснабжение [Текст]: Учебное пособие для выполнения курсового или дипломного проектов / А.Н. Рожин, Н.С. Бакшаева. – Киров, 2006. – 259 с.
- 5 Правила устройства электроустановок (ПУЭ) 7-ое изд. [Текст]: Нормативная база / под редакцией Л.А. Меламед – Изд. НЦ ЭНАС 2015. – 552 с.
- 6 Матусевич, С.В. Промышленное освещение [Текст]: Методическое указание (для студентов всех специальностей) / С.В. Матусевич – Могилев: БРУ, 2009. – 33 с.
- 7 Файбисович, Д.Л. Справочник по проектированию электрических сетей [Текст]: Справочник / под редакцией Д.Л. Файбисовича, И.Г. Карапетян, И. М. Шапиро– 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ЭНАС, 2012. – 376 с.
- 8 Ополева, Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения [Текст]: Справочник / под редакцией Г.Н. Ополева – Форум: Инфа-М, 2006. – 480 с.
- 9 Csanyi, E. Power System Stability - [Электронный ресурс]: Electrical Engineering Portal/ Режим доступа: <http://electrical-engineering-portal.com/power-system-stability.html> (дата обращения 17.03.2016).

10 Усольцев, А.А. Общая электротехника [Текст]: Учебное пособие / А.А. Усольцев – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 301 с.

11 Сазыкин, В.Г. Проектирование систем электроснабжения АПК [Текст]: Учебное пособие / В.Г. Сазыкин, А.Г. Кудряков – Кубан. гос. аграр. ун-т. Краснодар, 2014. – 248 с.

12 ЗАО Группа компаний электроцит ТМ – Самара. [Электронный ресурс]: сайт продукции компании «СЭЦ» / Режим доступа <http://www.electroshield.ru.html> (дата обращения 24.03.2016).

13 Алексеев, К.Ю. Электромеханические системы [Текст]: Учебное пособие / К.Ю. Алексеев – М.: МГИУ 2008. – 114 с.

14 Назарычев, А.Н. Справочник инженера по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электрических станций и сетей [Текст]: Справочник / под ред. А.Н. Назарычев. – М.: Инфра – Инженерия, 2006 – 523 с.

15 Elmakias, D. New Computational Methods in Power System Reliability [Текст] / D. Elmakias – Israel, Haifa, 2008 – 416 с.

16 Степкина, Ю.В. Проектирования электрической части понизительной подстанции [Текст]: учебно-методическое пособие по выполнению курсового и дипломного проектирования / Ю.В. Степкина. – Тольятти. : ТГУ, 2007. – 124 с.

17 Csanyi, E. Location of Current Transformers in HV Substation – [Электронный ресурс]: Substation design/application guide – V AYADURAI BSC, S.Eng, FIEE Engineering Expert / Режим доступа: <http://electrical-engineering-portal.com/location-of-current-transformers-in-hv-substation.html> (дата обращения 21.03.2016).

18 Крючков, И.П. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования [Текст]: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / под редакцией И.П. Крючкова и В.А. Старшинова. – М. : Издательство «Академия», 2006. – 416 с.

19 Jingham, H. Advanced communication system in substation for integrated protection – [Электронный ресурс]: Transactions of Tianjin University / Режим

доступа: <http://link.springer.com/article/10.1007/s12209-008-0023-9.html>. (дата обращения 16.03.2016).

20 Клименко, А.В. Электросбережение в теплоэнергетике и в теплотехнологиях [Текст]: учебник для вузов / О.Л. Данилов, А.Б. Гаряев, И.В. Яковлев. – Москва: МЭИ, 2010. – 424 с.

21 Кабель РФ: Кабель. Провод. Электротехника. [Электронный ресурс]: сайт продукции компании «Кабель РФ» / Режим доступа: <http://cable.ru.html> (дата обращения 22.03.2016).

22 Борисов, Ю.М. Электротехника [Текст]: Учебная литература для вузов / Ю.М. Борисов, Д.Н. Липатов, Ю.Н. Зорин. – 3-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 592 с.

23 Кабеленесущие системы. Кабель АСБ [Электронный ресурс]: сайт продукции компании «Инком» / Режим доступа: <http://gkerian.ru/kebel-asb.html> (дата обращения 22.03.2016)