

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 Реконструкция электрооборудования на предприятии
ООО «Автоматик»

Студент

И.И. Шарипов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.п.н., доцент, М.Н. Третьякова

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

Тольятти 2020

Аннотация

Данная выпускная квалификационная работа (ВКР) раскрывает вопросы реконструкции системы электроснабжения цеха заготовок, входящего в состав предприятия ООО «Автоматик», осуществляющего производство низковольтных комплектных устройств и корпусов электротехнических устройств.

Необходимость реконструкции, направленная на снижение электрических потерь энергии, расходуемой на нужды одного из наиболее энергозатратного объекта предприятия – цеха заготовок, обоснована.

Для реализации реконструкции в рамках ВКР были произведены расчеты нагрузок силового оборудования цехов и зданий. По определенным значениям расчетной мощности была выбрана и принята к установке комплектная трансформаторная подстанция, состоящая из двух трансформаторов, конденсаторная установка и коммутационно-защитное оборудование. В результате решения перечисленных задач спроектирована система электроснабжения цехов предприятия ООО «Автоматик».

Выпускная квалификационная работа бакалавра содержит 52 листов, 10 таблиц и 11 рисунков. Графическая часть работы представлена 5 листами формата А2 и 2 листами формата А3. Текстовая часть выполнена согласно [22] и [23].

СОДЕРЖАНИЕ

.....	5
1 Анализ особенностей предприятия ООО «Автоматик».....	6
1.....	6
1.....	7
.....	12
2.1 Расчет нагрузок цеха.....	12
.....	16
.....	19
.....	23
.....	25
.....	27
.....	28
.....	34
Ошибка! Источник ссылки не найден.....	36
3 Заземление и молниезащита электрооборудования предприятия.....	40
.....	40
.....	42
.....	44
.....	48
.....	50

ВВЕДЕНИЕ

В систему электроснабжения входят связанные между собой электроустановки, к которым относятся: главная понизительная подстанция, высоковольтные распределительные устройства, воздушные и кабельные линии электропередач, осуществляющие передачу электроэнергии от ГПП до высоковольтных РУ, затем от РУ до цеховой ТП предприятия ООО «Автоматик», а затем после понижения напряжения от ТП до конечных электроприемников.

Реконструкция направлена на обеспечение следующих свойств подстанции:

- снижение технических потерь электроэнергии при нормальной эксплуатации подстанции;
- обеспечение надежной передачи электроэнергии к потребителям;
- создание безопасных условий для обслуживающего персонала;
- поддержание качества электроэнергии в рамках, установленных в [2], значений.

В результате реконструкции подстанции должна быть обеспечена требуемая надежность электроснабжения потребителей, созданы условия передачи электроэнергии без ухудшения ее качества, применены современные материалы и оборудование ведущих производителей, созданы условия для безопасной работы персонала и минимизировано влияние подстанции на экологическую обстановку.

Цель работы – обеспечение надежного функционирования предприятия по производству низковольтных комплектных устройств (НКУ) и электротехнических корпусов.

1 Анализ особенностей предприятия ООО «Автоматик»

1.1 Характеристика предприятия

ООО «Автоматик» было создано 05.05.2014 г. на базе приборного производства ОАО «Металл-Плюс» в рамках программы реструктуризации предприятия. ОАО «Металл-Плюс» являлся одним из мировых лидеров по выпуску корпусов для оборудования электротехнического назначения.

Основной продукцией предприятия являются сборные, сварные корпуса для изделий электротехники.

В целом предприятие ООО «Автоматик» состоит из трёх цехов, одного гаража и одного административного здания, являющихся электрифицированными объектами жизнедеятельности человека. Цеха состоят из различных производственных участков, на территории которых расположены электроприёмники, образующие рабочие места персонала цеха. В таблице 1 для информации даны наименования электроприемников и их номинальные активные мощности.

Таблица 1 – Оборудование цеха

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во (шт.)	Уст.мощн.(Квт)	Сумм. мощность
1	Металлопрокатный станок (МС)	2	25	50
2	Листогибочный станок (ЛС)	2	32	64
3	Сверлильный станок (СС)	2	15	30
4	Станция гальванической обработки (СГС)	2	25	50
5	Покрасочный блок (ПС)	2	5	10
6	Система конвейеров (СК)	3	5	15
7	Осветительная сеть (ОС)	8	1	8
8	Вентиляция (В)	2	10	20
9	Сварочная установка (СУ)	1	20	20
10	Шинная магистраль (ШМ)	1	0	0
11	Шинопровод осветительный (ШО)	1	0	0

1.2 Электрическая схема

Рассмотрим элементы системы электроснабжения, осуществляющие доведение электроэнергии от комплектной трансформаторной подстанции (КТП) городских Электросетей до электроприемников предприятия ООО «Автоматик». Это:

- две медные кабельные линии сечением 5х185, используемые в качестве фидеров, с помощью которых питание подводится от трансформаторной подстанции, территориально располагающейся в соседней организации. Кабельная трасса размещается под землёй и заводится в здание через цоколь;
- трёх секционный линейный шкаф вводного распределительного устройства (ВРУ) с устройством автоматического ввода резерва (АВР), расположенный на торце здания и установленный на бетонном фундаменте;
- система заземления TN-C [9].

Распределительная сеть предприятия от вводно-распределительного устройства к электроприёмника выполняется посредством кабелей расчётного сечения согласно ПУЭ [1].

На территории предприятия ООО «Автоматик» расположено пять зданий. Это – административный корпус, цех заготовок, сборочный цех, гараж и цех аренды. В административном корпусе находятся приёмная и офис инженерно-технического персонала. Гараж используется для хранения техники. В сборочном цеху происходит сборка корпусов и дооснащение их покупными изделиями для получения готового устройства способного выполнять требуемые от него задачи. В цехе заготовок происходит обработка металлических заготовок для создания корпусов электротехнических изделий. На рисунке 1 показана однолинейная электрическая схема цеха заготовок. На рисунке 2 дана электрическая схема расположения электрооборудования

рассматриваемого цеха. На рисунке 3 изображена схема расположения осветительной арматуры цеха заготовок. Это – наиболее энергозатратный цех предприятия, электрооборудование которого более всего подвержено износу. Поэтому применительно к этому цеху будут разрабатываться технические мероприятия по реконструкции системы электроснабжения предприятия.

Выводы раздела 1:

Для обеспечения надежного функционирования предприятия ООО «Автоматик» необходимо разработать мероприятия по реконструкции системы электроснабжения цеха заготовок.

Для реализации запланированной реконструкции необходимо осуществить решение следующих основных задач:

- Расчёт электрических нагрузок, выбор и проверка электрооборудования предприятия;
- Разработка системы заземления и молниезащиты электрооборудования предприятия.

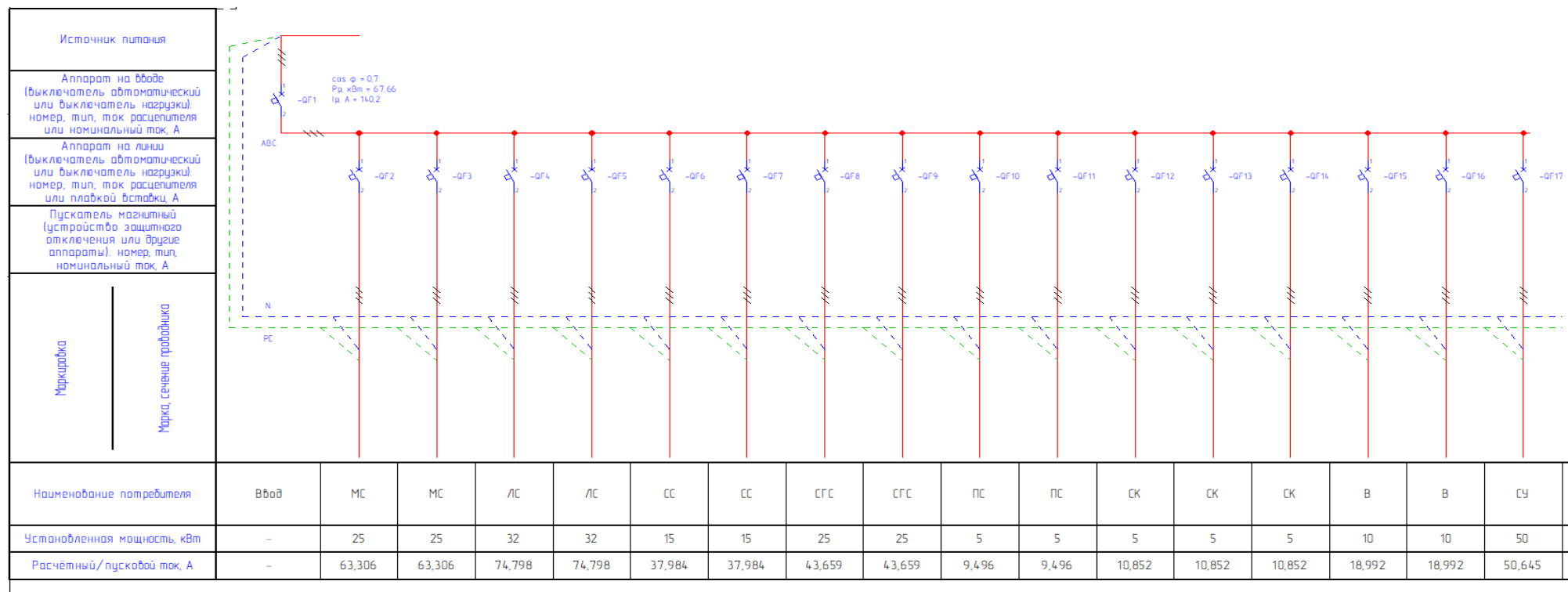


Рисунок 1 – Схема электрическая принципиальная однолинейная цеха заготовок

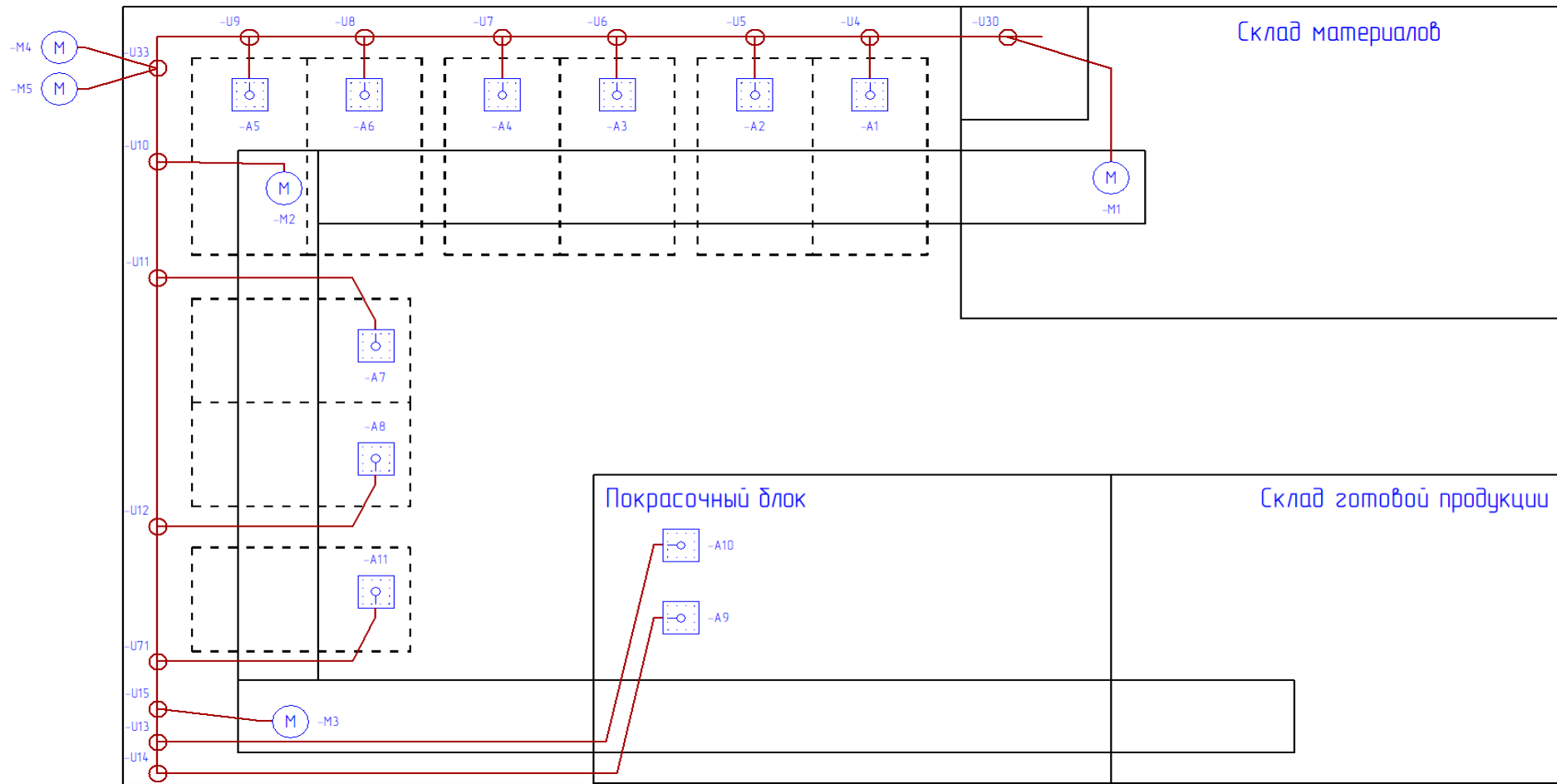


Рисунок 2 – Схема электрическая расположения электрооборудования цеха заготовок

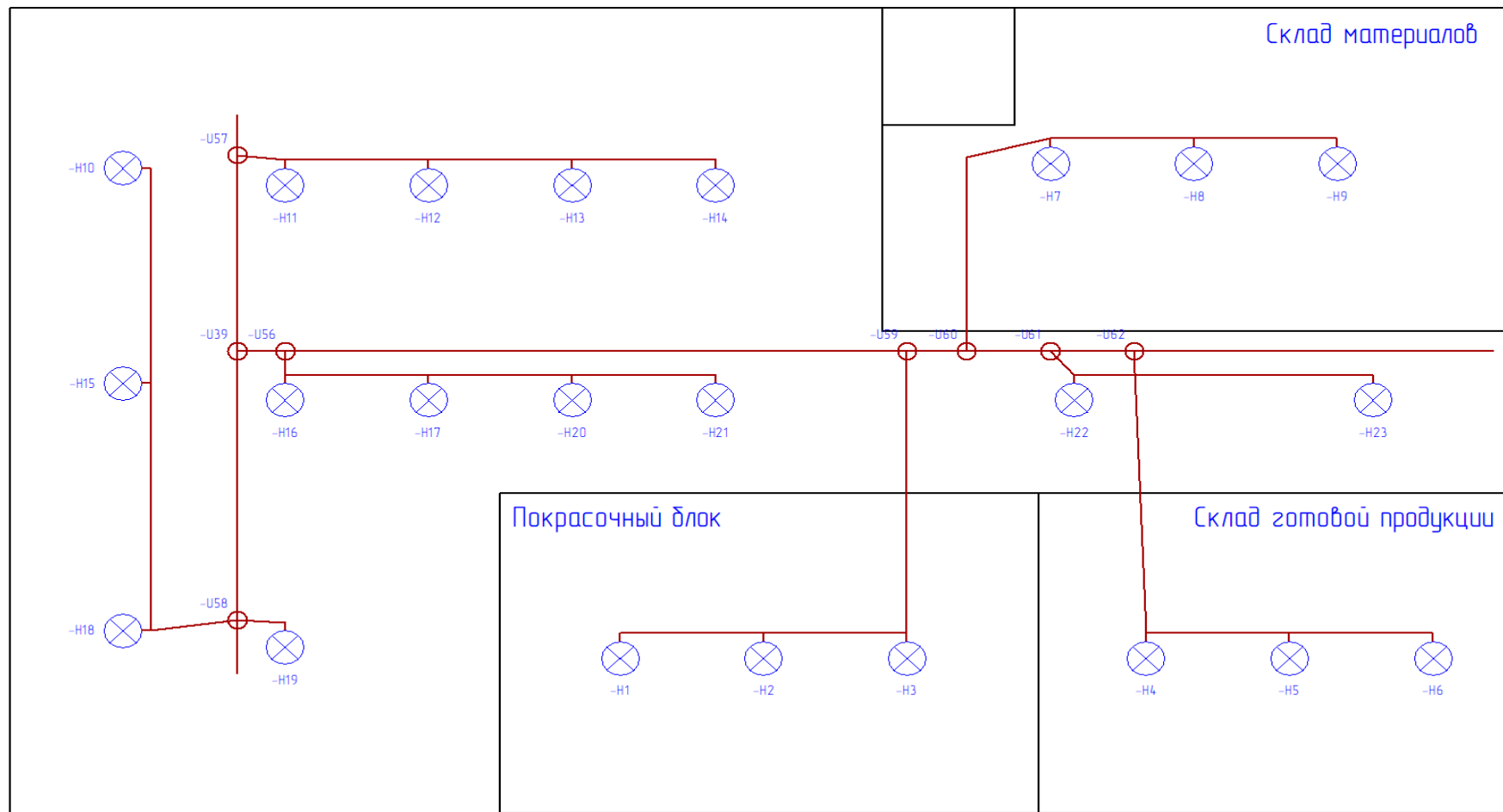


Рисунок 3 – Схема электрическая расположения осветительной арматуры цеха заготовок

2 Расчёт электрических нагрузок, выбор и проверка электрооборудования предприятия

2.1 Расчёт нагрузок цеха

Определение электрических нагрузок – необходимый расчёт, который в обязательном порядке выполняется как перед проектированием, так и при проектировании системы электроснабжения. По результатам указанного расчёта оцениваются масштабы реконструкции и затраты на её проведение. Выбор основных элементов системы электроснабжения при этом также осуществляется по данным расчёта электрических нагрузок.

При выполнении данного расчёта количество электроприемников и их мощность возьмем из производственно-технической документации. Коэффициент использования $K_{и}$, коэффициент активной мощности и коэффициент реактивной мощности установленного электрооборудования возьмём из справочных данных.

Расчёт электрических нагрузок будем проводить по методике, приведённой в [6]-[7].

Для определения эффективного числа электроприёмников (ЭП) можно воспользоваться либо формулой

$$n_{\text{Э}} = \frac{(\sum P_H)^2}{\sum n P_H^2}, \quad (1)$$

либо упрощённой формулой

$$n_{\text{Э}} = \frac{2 \cdot \sum P_H}{P_{H.\text{МАКС}}}; \quad (2)$$

где $P_{H.\text{МАКС}}$ – активная мощность наиболее мощного потребителя.

Коэффициент расчетной нагрузки определяются по таблице 1 в РТМ 36.18.32.4-92 «УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК».

Расчётная мощность активная определяется по формуле

$$P_P = K_P \cdot K_{И} \cdot P_H. \quad (3)$$

Расчётная мощность реактивная при $n_э \leq 10$ определяется по формуле

$$Q_P = 1,1 \cdot K_{И} \cdot P_H \cdot tg\varphi. \quad (4)$$

При $n_э > 10$ определяется по формуле

$$Q_P = K_{И} \cdot P_H \cdot tg\varphi. \quad (5)$$

Расчётная мощность полная определяется по формуле

$$S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2}. \quad (6)$$

Расчётный ток при $n_э \leq 10$ определяется по формуле

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (7)$$

где U_H – номинальное напряжение, равное 380 В.

Все остальные потребители рассчитываются аналогичным образом и полученные значения вносятся в таблицу 2.

Данные аналогичного расчёта, выполненного применительно к прочим зданиям, занесены в итоговую для раздела таблицу 3.

В итоге по предприятию ООО «Автоматик» получилось пять потребителей суммарной мощностью 238,09 кВА. Наиболее энергозатратным является цех заготовок, потребляемая мощность которого равна 102кВА. Поэтому разработке конструкции распределительного пункта потребуются учесть необходимость выполнения как минимум пяти отводов под кабели, способные проводить данные нагрузки.

Таблица 2 – Расчёт нагрузок цеха заготовок

Исходные данные				Расчетные величины			Эффективное число ЭП $n_{\text{Э}}$	Коэффициент расчетной нагрузки K_p	Расчетная мощность			Расчетный ток, А			
по заданию технологов		по справочным данным		$K_{\text{И}} \cdot P_{\text{Н}}$	$K_{\text{И}} \cdot P_{\text{Н}} \cdot \text{tg}\phi$	$n \cdot p^2_{\text{Н}}$			активная, кВт	реактивная, квар	полная, кВт*А				
Наименование ЭП	Количество ЭП, шт. n	Номинальная (установленная) мощность, кВт*		Коэф. использования $K_{\text{И}}$	Коэф. активной мощности $\cos\phi$	Коэф. активной мощности $\text{tg}\phi$									
		одного ЭП $p_{\text{Н}}$	общая $P_{\text{Н}} = n \cdot p_{\text{Н}}$												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ШМ															
МС	2	25	50	0,16	0,6	1,33	8	10,67	1250						
ЛС	2	32	64	0,17	0,65	1,17	10,88	12,72	2048						
СС	2	15	30	0,16	0,6	1,33	4,8	6,4	450						
СГС	2	25	50	0,4	0,87	0,57	20	11,33	1250						
ПС	2	5	10	0,7	0,8	0,75	7	5,25	50						
СК	3	5	15	0,5	0,7	1,02	7,5	7,65	75						
В	2	10	20	0,6	0,8	0,75	12	9	200						
СУ	1	20	20	0,25	0,6	1,33	5	6,67	400						
Итого	16		259	0,29			75,18	69,69	5723	16,19	0,9	67,66	69,69	97,13	140,2
ШО															

Продолжение таблицы 2

ОС	7	1	7	0,9	0,95	0,33	6,3	2,07	49						
Итого	7		7	0,9	0	0	6,3	2,07	49	14	0,9	5,67	2,07	6,04	8,71
Всего														103,17	148,91

Таблица 3 – Мощности зданий

Наименование	Расчётная активная мощность, кВт	Расчётная реактивная мощность, кВАр	Расчётная полная мощность, кВА	Расчётный ток, А
Цех заготовок	73,33	71,76	102,6	148,09
Административный корпус	34,15	10,5	35,73	51,57
Цех сборочный	40,3	19,59	44,81	64,68
Гараж	15,64	4,11	16,17	23,34
Цех аренды	34,14	18,4	38,78	55,98
Всего	197,56	124,36	238,09	343,65

2.2 Построение картограммы электрических нагрузок

Картограмма представляет собой размещенные на генеральном плане цеха окружности (дуговые диаграммы), площадь которых соответствует в выбранном масштабе расчетным нагрузкам. Окружность должна состоять из секторов, обозначающих соотношение осветительной и силовой нагрузки классом 0,4кВ и 10кВ.

При построении картограммы нагрузок отдельных цехов предприятия ООО «Автоматик» центры окружностей совмещаем с центрами тяжести геометрических фигур, изображающих отдельные участки цехов с сосредоточенными нагрузками. Картограмма даёт представление о распределении нагрузок цехов по территории предприятия ООО «Автоматик». Считается, что электрические нагрузки в цехах расположены равномерно.

Радиус окружности для картограммы нагрузок рассчитывается по формуле

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{\Sigma i}}{m \cdot \pi}}, \quad (8)$$

где $P_{\Sigma i}$ – расчётная мощность цеха, равная сумме силовой (0,4кВ и 10кВ) и осветительной нагрузок;

m – масштабный коэффициент, кВт/м². В данном случае масштабный коэффициент принимаем равным пяти.

Далее по следующей формуле производим определение угла сектора, показывающего, какую долю занимает высоковольтная, осветительная или низковольтная нагрузка в составе общей нагрузки цеха

$$\omega = \frac{360 \cdot P_I}{P_i}, \quad (9)$$

где P_j – высоковольтная, осветительная или низковольтная нагрузка, кВт;

P_i – суммарная нагрузка цеха, кВт.

Углы секторов считаются в градусах, а радиусы картограмм в метрах.

Таблица 4 – Данные для построения картограммы нагрузок

№	№ по плану	Наименование	P , кВт	P_o , кВт	r_i , м	ω , град
1	1	Цех заготовок	73,33	6,04	4,67	29,65
2	2	Административный корпус	34,15	5,5	2,17	57,98
3	3	Цех сборочный	40,3	10,6	2,57	94,69
4	4	Гараж	15,64	3,4	1	78,26
5	5	Цех аренды	34,14	8,6	2,17	90,69

При построении картограммы нагрузок отдельных цехов предприятия ООО «Автоматик» центры окружностей совмещаются с центрами тяжести геометрических фигур, изображающих отдельные участки цехов с сосредоточенными нагрузками.

На основе данной методики и сведениях о нагрузках предприятия построена картограмма нагрузок ООО «Автоматик», представленная на рисунке 4. Из картограммы нагрузок, например, наглядно видно, что цех заготовок имеет наименьшее соотношение осветительной к силовой нагрузке, а сборочный цех, наоборот, – наибольшее соотношение. Наименьшим потребителем является гараж, а наибольшим цех заготовок.

Таким образом, картограмма нагрузок позволяет наглядно представить нагрузки, их состав, а также взаиморасположение, что труднее сделать в табличном формате.

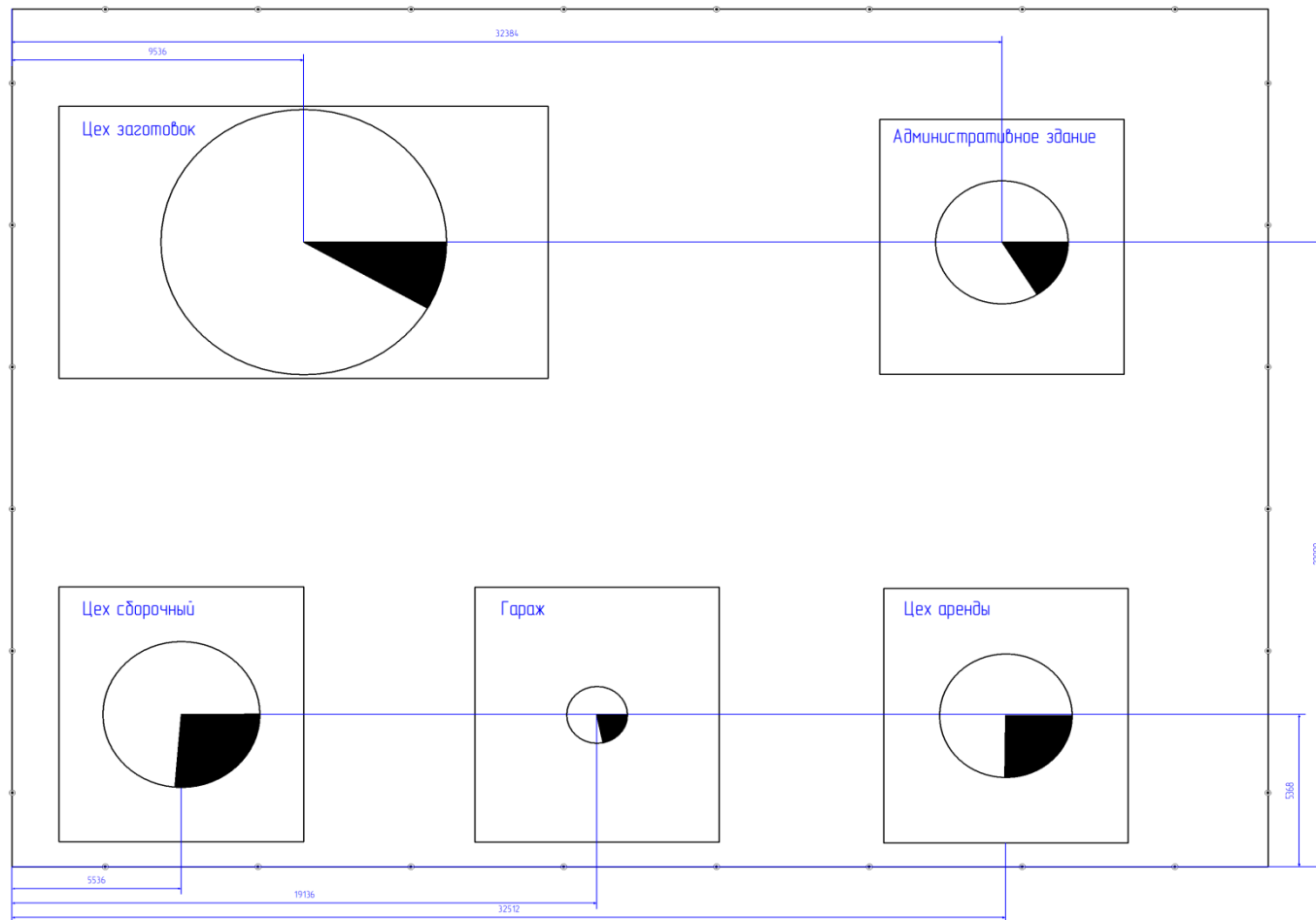


Рисунок 4 – Схема расположения зданий и ЦЭН

2.3 Определение ЦЭН и выбор местоположения ТП

Определение центра электрических нагрузок (ЦЭН) производится для выбора места расположения ТП. На основании построенной картограммы находим координаты условного центра активных электрических нагрузок предприятия ООО «Автоматик», где и будет располагаться источник питания – трансформаторная подстанции (ТП). Если по каким-либо причинам (технологическим или архитектурным) нельзя расположить в этом центре источник питания, то его придется сместить в сторону, где имеется реальная возможность его расположения.

Для определения центра электрических нагрузок, левый нижний угол периметра предприятия ООО «Автоматик» совмещаем с началом координат (по генплану), затем находим координаты центров электрических нагрузок каждого цеха.

Для ЦЭН активной мощности расчёт производится по формулам (10) и (11). Результаты вносим в таблицы 5

$$X_0 = \frac{\sum P_{Mi} \cdot x_i}{\sum P_{Mi}}, \quad (10)$$

$$Y_0 = \frac{\sum P_{Mi} \cdot y_i}{\sum P_{Mi}}, \quad (11)$$

где $\sum P_{Mi}$ – суммарная активная мощность -того участка;
 x_i – координата центра -того участка по оси абсцисс;
 y_i – то же по оси ординат.

Для ЦЭН реактивной мощности расчёт производим по формулам (12) и (13). Результаты заносим в таблицу 6.

$$X_0 = \frac{\sum P_{Mi} \cdot x_i}{\sum P_{Mi}}, \quad (12)$$

$$Y_0 = \frac{\sum P_{Mi} \cdot y_i}{\sum P_{Mi}}, \quad (13)$$

где $\sum P_{Mi}$ – суммарная активная мощность -того участка;
 x_i – координата центра -того участка по оси абсцисс;
 y_i – то же по оси ординат.

Таблица 5 – Определение местоположения активного ЦЭН

№	№ по плану	Наименование	P, кВт	X	Y	$P_{\Sigma} \times X$	$P_{\Sigma} \times Y$
1	1	Цех заготовок	73,33	9,54	21,832	699,27	1600,94
2	2	Административный корпус	34,15	32,384	21,832	1105,91	745,56
3	3	Цех сборочный	40,3	5,536	5,32	223,1	214,4
4	4	Гараж	15,64	19,136	5,32	299,29	83,2
5	5	Цех аренды	34,14	32,512	5,32	1109,96	181,62
		Итого	197,56	17,4	14,3	3437,54	2825,73

Таблица 6 – Определение местоположения реактивного ЦЭН

№	№ по плану	Наименование	Q, кВАр	X, м	Y, м	$P_{\Sigma} \times X$	$P_{\Sigma} \times Y$
1	1	Цех заготовок	71,76	9,536	21,832	684,3	1566,66
2	2	Административный корпус	10,5	32,384	21,832	340,03	229,24
3	3	Цех сборочный	19,59	5,536	5,32	108,45	104,22
4	4	Гараж	4,11	19,136	5,32	78,65	21,87
5	5	Цех аренды	18,4	32,512	5,32	598,22	97,89
		Итого	124,36	14,55	16,24	1809,66	2019,87

По полученным координатам ставим точки на плане. Источник питания необходимо устанавливать так, чтобы его центр находился между полученными расчётными точками.

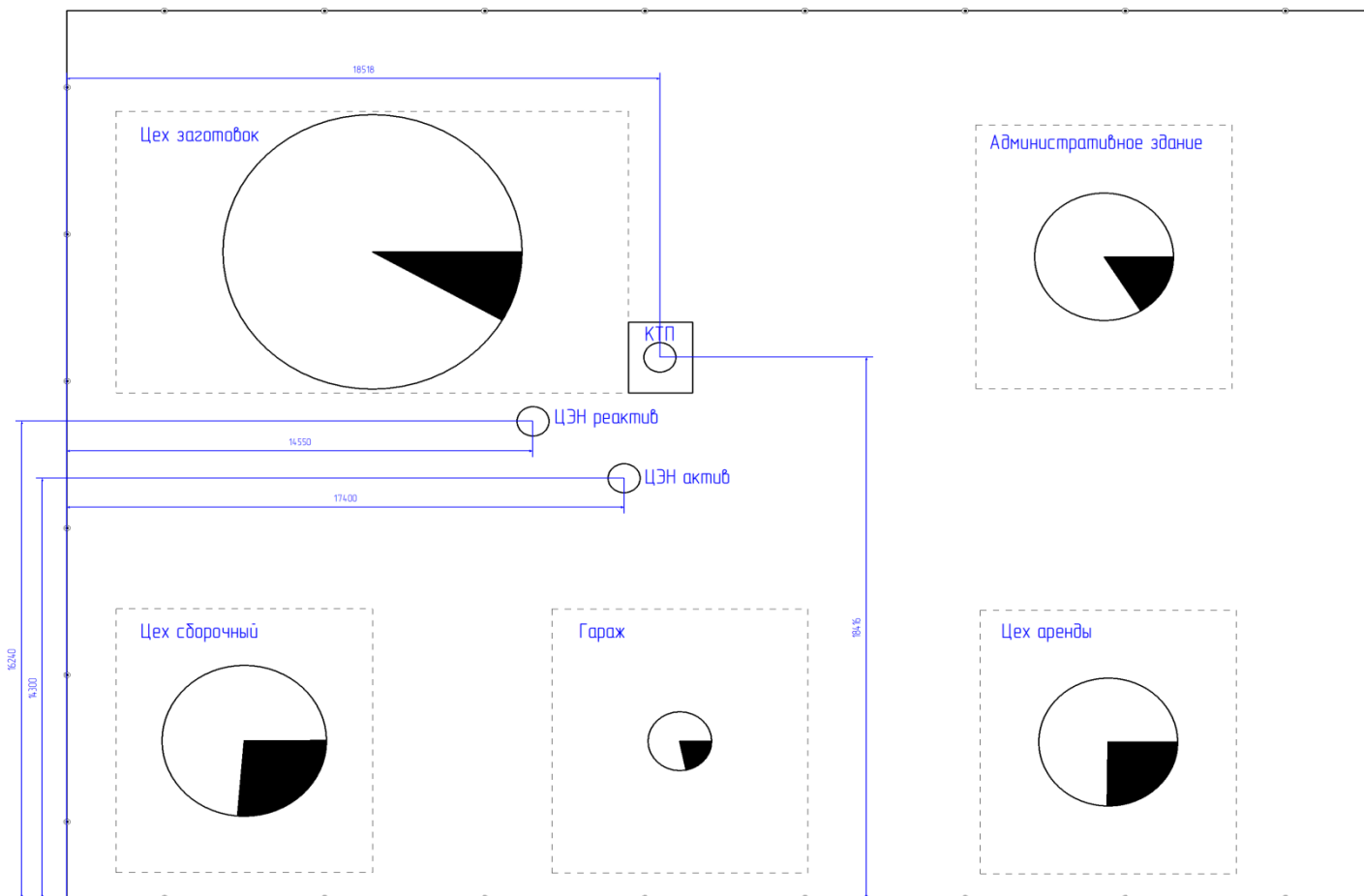


Рисунок 5 – Схема расположения ЦЭН и местоположение ТП

В результате приделанной работы выяснены места расположения центров тяжести зданий. Поскольку все здания – прямоугольные, то центрами тяжести являются их геометрические центры.

По активной мощности ни по одному из зданий не наблюдается значительного смещения потребления активной мощности относительно центра территории предприятия ООО «Автоматик».

По реактивной мощности имеется значительное смещение центра потребления для цеха заготовок. Поскольку расчётные координаты располагаются в зоне отгрузки цеха заготовок, то принимаем решение переместить его на торец здания, т.е. как можно ближе к расчётным координатам.

2.4 Компенсация мощности

Первоначально вычисляется $tg\varphi$ [4]-[5]. Поскольку $P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$, а $Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi$, а также известно, что $tg = \frac{\sin}{\cos}$, то вычисляем нужное соотношение формулами

$$tg\varphi = \frac{Q}{P}, \quad (14)$$

$$tg\varphi = \frac{124,36}{197,56} = 0,629. \quad (15)$$

Рекомендуемые значения $tg\varphi_p$ находятся в интервале от 0,33 до 0,42 [4]-[5]. Необходимое значение реактивной мощности, которое требуется компенсировать, вычисляется по формуле

$$Q_K = \alpha \cdot P_{CM} \cdot (tg\phi - tg\phi_p), \quad (16)$$

где $\alpha = 0,85$ – коэффициент, учитывающий изменение среднегодового потребления электрической энергии;

P_{CM} – среднесменная активная мощность участка, кВт;

$tg\varphi$ – среднее значение тангенса угла сдвига фаз;

$tg\varphi_p$ – рекомендуемое значение $tg\varphi$ энергосистемы

$$Q_K = 0,85 \cdot 197,56 \cdot (0,629 - 0,33) = 50,21 \text{ кВар};$$

Ближайшее значение в ряду номинальных значений 50 кВар.

Применение компенсаторной установки будет, согласно [4]-[5], иметь эффект, определяемый по формулам

$$tg\varphi = tg\varphi - \frac{Q_{СТК}}{P_{CM} \cdot \alpha}; \quad (17)$$

$$tg\varphi = 0,629 - \frac{50}{197,56 \cdot 0,85} = 0,331; \rightarrow \cos\varphi = 0,94; \quad (18)$$

Величина реактивной мощности после применения компенсирующей установки, согласно [4]-[5], вычисляется по формуле

$$Q = P \cdot \operatorname{tg}\varphi; \quad (19)$$
$$Q = 197,56 \cdot 0,331 = 65,392 \text{кВАр};$$

Величина полной мощности после применения компенсирующей установки, согласно [4]-[5], вычисляется по формуле

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}; \quad (20)$$
$$S = \sqrt{197,56^2 + 65,392^2} = 208,101 \text{кВА};$$

Величина нагрузочного тока после применения компенсирующей установки, согласно [4]-[5], вычисляется по формуле

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}; \quad (21)$$
$$I = \frac{208,101}{\sqrt{3} \cdot 380} = 316,177 \text{А};$$

Применение установки компенсирующей позволяет снизить коэффициент реактивной мощности $\operatorname{tg}\varphi$ до приемлемых значений, что позволяет снизить значения силы тока и уменьшить потери электроэнергии. Расчётный ток снизился с $I = 343,65$ А до $I = 316,177$ А, что составляет практически 8%.

2.5 Выбор числа и мощности трансформатора

Исходные данные:

- номинальное напряжение питающей сети $U = 380 \text{ В}$;
- коэффициент мощности после компенсации $\cos\phi = 0,94$;
- среднесменная активная мощность $P = 197,56 \text{ кВт}$;
- среднесменная реактивная мощность $Q = 65,392 \text{ квар}$;
- максимальная полная мощность $S = 208,101 \text{ кВА}$.

Мощность трансформатора, который необходимо выбрать, определяется соотношением по формуле

$$S_{TP} \geq S, \quad (22)$$

где S_{TP} мощность выбираемого трансформатора.

$$S_{TP} \geq 208,101 \text{ кВА};$$

Ближайший номинал 250 кВА.

Выбрана Подстанция 2КТП-ПК 250/6/0.4, соответствующая [17], [18] и [21]. В таблице 7 представлены характеристики этой КТП, а на рисунке 6 её внешний вид.

Таблица 7 – Характеристики КТП

Наименование	Характеристики
Номинальная мощность, кВА	250
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	6
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0,4
Электрическая схема на стороне высокого напряжения (ВН)	Проходная
Электрическая принципиальная схема	№20
Способ установки	Стационарный
Количество трансформаторов	КТП 2х250, 2 трансформатора (2 трансформаторная)

Продолжение таблицы 7

Тип высоковольтного ввода (ВН)	Кабельный
Вывод на стороне НН	Воздушный, кабельный
Тип нейтрали трансформатора по низкой стороне (НН)	Глухозаземленная
Нормативные документы	ГОСТ 14695-80, ПЭУ
Тип	2КТП 250/6 (2ТП 250/6) Городская трансформаторная станция-киоск
Тип по материалам	Кирпичные, бетонные (в бетонном корпусе), металлические, железные, фундаментные (на фундаменте), нержавеющие, с сэндвич (сендвич) панелями и коридорами обслуживания
Тип устанавливаемых трансформаторов	Масляные, сухие, с защитным кожухом и без



Рисунок 6 – Внешний вид КТП

На основе проведенных расчётов для электроснабжения ООО «Автоматик» выбрана подстанция трансформаторная комплектная в два трансформатора и двумя секциями шин. Таким образом, имеется возможность разделить потребителей на две части. Это решение позволяет, например, исключить отключение потребителей первой секции от источника питания в случае возможного короткого замыкания (КЗ) на другой секции. Надежность системы электроснабжения предприятия при этом повышается.

2.6 Выбор и обоснование схемы электроснабжения

Поскольку предприятие ООО «Автоматик» является производственным объектом, то перерывы электроснабжении приносят ему значительные убытки. Поэтому будем использовать двух трансформаторную подстанцию с автоматическим вводом резерва (АВР) с секционированием. На рисунке 7 изображена однолинейная принципиальная схема такой КТП, показывающая её принцип работы.

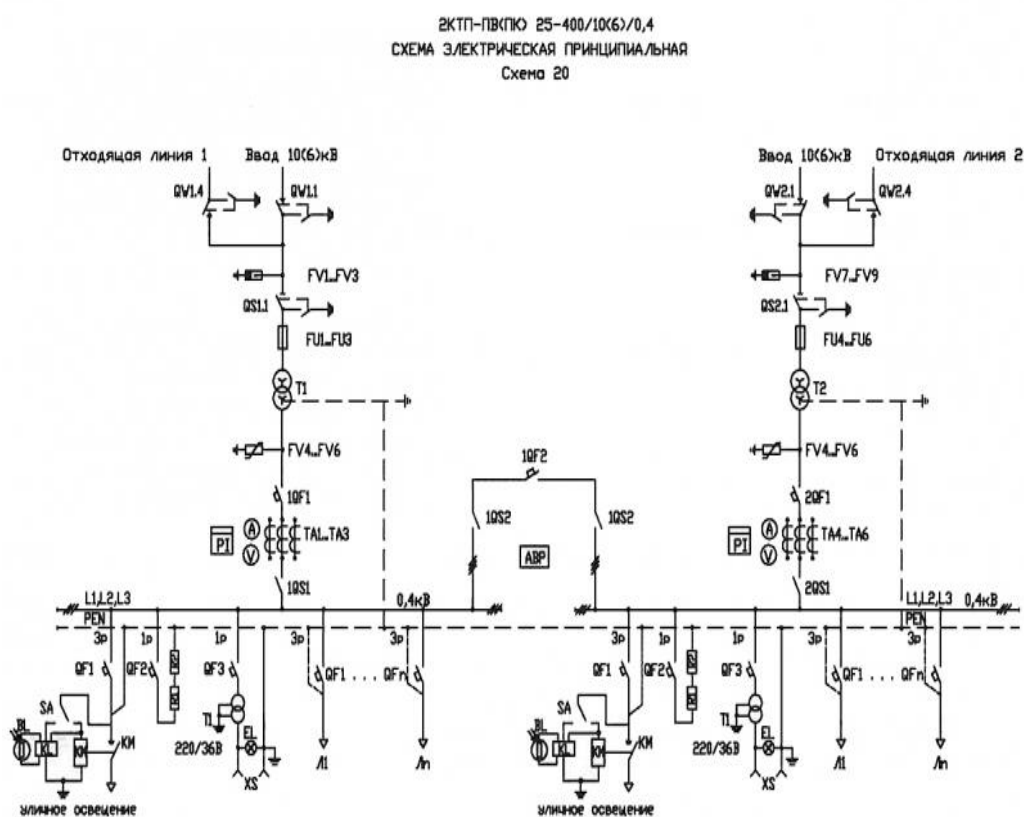


Рисунок 7 – Схема электрическая принципиальная однолинейная КТП

Схема, предоставляемая заводом-изготовителем комплектной трансформантой подстанции, удовлетворяет современные требования и имеет достаточное количество отводов для подключения всех групп потребителей предприятия ООО «Автоматик».

2.7 Расчет токов короткого замыкания

Исходные данные для расчета токов короткого замыкания:

- базисная мощность системы $S_6=300$ МВА;
- базисное напряжение $U_6 =115$ кВ;
- относительное базисное сопротивление системы неограниченной мощности принято $x_c= 0,3$;
- длина воздушной линии (ЛЭП) $L_1= 76$ км;
- длина кабельной линии $L_2= 2$ км;
- мощность головного трансформатора $S_{н.т}= 100$ МВА;
- напряжение короткого замыкания $U_{кз1}=10,5$ %;
- мощность трансформатора цеховой КТП $S_{тр2} = 250$ кВА;
- напряжение короткого замыкания $U_{кз2} = 6$ %.

На рисунке 8 изображена схема замещения оборудования линии электроснабжения сопротивлениями. По которой будут рассчитываться токи коротких замыканий [19]-[20].

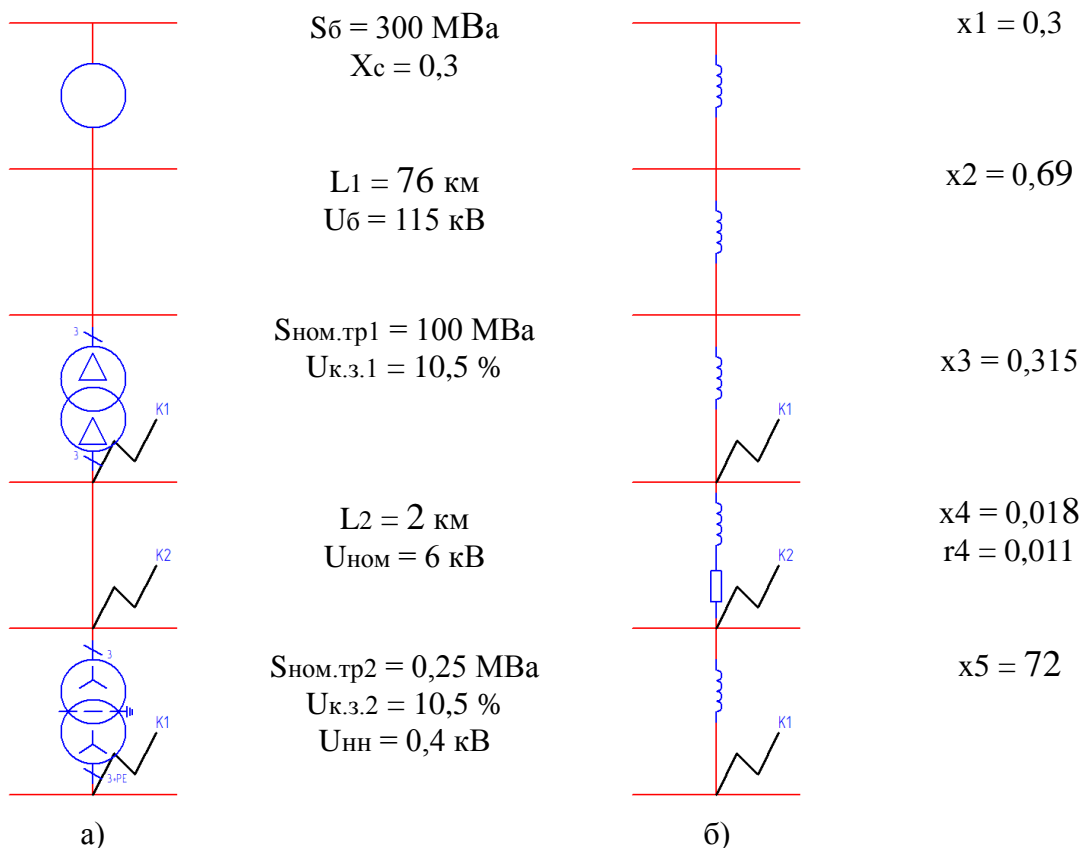


Рисунок 8 – Схема замещения

Сопротивление системы x_1 определяется по формуле

$$x_1 = x_c = 0,3. \quad (23)$$

Индуктивная сопротивление высоковольтной ЛЭП x_2 определяется по формуле

$$x_2 = \frac{x_0 \cdot L_1 \cdot S_6}{U_6^2}, \quad (24)$$

где L_1 – длина воздушной линии, км;

S_6 – базисная мощность, МВА;

U_6 – базисное напряжение, кВ;

$x_0 = 0,4 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ – сопротивление воздушной линии.

$$x_2 = \frac{0,4 \cdot 76 \cdot 300}{115^2} = 0,69.$$

Сопротивление головного трансформатора x_3 определяется по формуле

$$x_3 = \frac{U_{к.3\%} \cdot S_6}{100 \cdot S_{НОМ.ТР1}}, \quad (25)$$

$$x_3 = \frac{10,5 \cdot 300}{100 \cdot 100} = 0,315.$$

Индуктивное сопротивление кабельной линии x_4 определяется по формуле

$$x_4 = \frac{x_0 \cdot L_2 \cdot S_6}{U_6^2}, \quad (26)$$

$$x_4 = \frac{0,4 \cdot 2 \cdot 300}{115^2} = 0,018.$$

Активное сопротивление кабельной линии r_4 определяется по формуле

$$r_4 = \frac{r_0 \cdot L_2 \cdot S_6}{U_6^2}, \quad (27)$$

где $r_0 = 0,25 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ – активное сопротивление кабеля.

$$r_4 = \frac{0,25 \cdot 2 \cdot 300}{115^2} = 0,011.$$

Полное сопротивление кабельной линии z_4 определяется по формуле

$$z_4 = \sqrt{x_4^2 + r_4^2}, \quad (28)$$

$$z_4 = \sqrt{0,018^2 + 0,011^2} = 0,021.$$

Сопротивление трансформатора x_5 определяется по формуле

$$x_5 = \frac{U_{K3}\% \cdot S_6}{100 \cdot S_{\text{НОМ.ТР2}}}, \quad (29)$$

$$x_5 = \frac{6 \cdot 300}{100 \cdot 0,25} = 72.$$

Суммарное сопротивление $X_{\Sigma K1}$ определяется по формуле

$$X_{\Sigma K1} = x_1 + x_2 + x_3, \quad (30)$$

$$X_{\Sigma K1} = 0,3 + 0,69 + 0,315 = 1,305.$$

Суммарное сопротивление $X_{\Sigma K2}$

$$X_{\Sigma K2} = x_1 + x_2 + x_3 + z_4, \quad (31)$$

$$X_{\Sigma K2} = 0,3 + 0,69 + 0,315 + 0,021 = 1,326.$$

Суммарное сопротивление $X_{\Sigma K3}$

$$X_{\Sigma K3} = x_1 + x_2 + x_3 + z_4 + x_5, \quad (32)$$

$$X_{\Sigma K3} = 0,3 + 0,69 + 0,315 + 0,021 + 72 = 73,326.$$

Базисный ток I_{61} определяется по формуле

$$I_{61} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}, \quad (33)$$

$$I_{61} = \frac{300}{\sqrt{3} \cdot 115} = 1,506 \text{ кА}.$$

Базисный ток I_{62} определяется по формуле

$$I_{62} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}}, \quad (34)$$

$$I_{62} = \frac{300}{\sqrt{3} \cdot 6} = 28,868 \text{кА.}$$

Базисный ток I_{63} определяется по формуле

$$I_{63} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{HH}}}, \quad (35)$$
$$I_{63} = \frac{300}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 433,013 \text{кА.}$$

Ток короткого замыкания $I_{\Sigma K1}$ определяется по формуле

$$I_{\Sigma K1} = \frac{I_{61}}{X_{\Sigma K1}}, \quad (36)$$
$$I_{\Sigma K1} = \frac{1,506}{1,305} = 1,154 \text{кА.}$$

Ток короткого замыкания $I_{\Sigma K2}$ определяется по формуле

$$I_{\Sigma K2} = \frac{I_{62}}{X_{\Sigma K2}}, \quad (37)$$
$$I_{\Sigma K2} = \frac{28,868}{1,326} = 21,77 \text{кА.}$$

Ток короткого замыкания $I_{\Sigma K3}$ определяется по формуле

$$I_{\Sigma K3} = \frac{I_{63}}{X_{\Sigma K3}}, \quad (38)$$
$$I_{\Sigma K3} = \frac{433,013}{73,326} = 5,905 \text{кА.}$$

Ударный ток короткого замыкания I_{y1} определяется по формуле

$$I_{y1} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{\Sigma K1}, \quad (39)$$

где $K_y = 1,8$ – ударный коэффициент для сетей высокого напряжения.

$$I_{y1} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 1,154 = 2,938 \text{кА.}$$

Ударный ток короткого замыкания I_{y2} определяется по формуле

$$I_{y2} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{\Sigma K2}, \quad (40)$$

где $K_y = 1,2$ – ударный коэффициент.

$$I_{y2} = \sqrt{2} \cdot 1,2 \cdot 21,77 = 36,945 \text{кА.}$$

Ударный ток короткого замыкания I_{y3} определяется по формуле

$$I_{y3} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{\Sigma K3}, \quad (41)$$

где $K_y = 1,2$ – ударный коэффициент.

$$I_{y3} = \sqrt{2} \cdot 1,2 \cdot 5,905 = 10,021 \text{кА.}$$

Все данные вносятся в таблицу 8.

Таблица 8 – Данные расчётов тока короткого замыкания

	X_{Σ}	$I_0, \text{кА}$	$I_{\Sigma K}, \text{кА}$	$I_y, \text{кА}$
К1	1,305	1,506	1,154	2,938
К2	1,326	28,868	21,77	36,945
К3	73,326	433,013	5,905	10,021

2.8 Выбор высоковольтного кабеля

Для подключения трансформаторной подстанции к сети необходимо проложить от неё до главной понижающей подстанции кабель или провода. Это можно сделать двумя способами – кабельной трассой в траншее под землёй либо воздушной линии на опорах.

У каждого способа есть свои преимущества и недостатки, но решающим фактором в данном случае становится охранная зона линий, поскольку застройка довольно плотная.

Кабели, как известно, делятся на четыре группы, рассчитанные соответственно на низкое, среднее, высокое и сверхвысокое напряжения.

Каждая группа подразделяется по номинальному напряжению, в данном случае оно равно 6 кВ.

Номинальный ток трансформатора $I_{Н.ТР}$ определяется по формуле

$$I_{Н.ТР} = \frac{S_{Н.ТР}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}, \quad (42)$$

где $S_{Н.ТР}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА;

$U_{НОМ}$ – номинальное напряжение трансформатора, кВ

$$I_{Н.ТР} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 6} = 24,056 \text{ А.}$$

Предварительное сечение кабеля S определяется по формуле

$$S_{\text{э}} = \frac{I_{НОМ}}{\gamma_{\text{э}}}, \quad (43)$$

где $\gamma_{\text{э}} = 1,9$ – экономическая плотность тока для алюминиевого кабеля

$$S_{\text{э}} = \frac{24,056}{1,9} = 12,66.$$

Предварительно выбираем кабель с алюминиевой жилой стандартного сечения $S = 16 \text{ мм}^2$

Проверка сечения на термическую устойчивость $S_{\text{МИН}}$ определяется по формуле

$$S_{\text{МИН}} = \frac{I_{\Sigma \text{К}2} \cdot \sqrt{t_{\text{нп}}}}{c}, \quad (44)$$

где $c = 85$ – для кабеля с алюминиевой жилой

$$S_{\text{МИН}} = \frac{21,77 \cdot \sqrt{0,4}}{85} = 161,514 \text{ мм}^2.$$

Окончательно к монтажу принимаем алюминиевый высоковольтный кабель марки АСБ 3х185 — 6 кВ. Он состоит из расщеплённых алюминиевых жил с бумажной пропитанной изоляцией, заключенных в свинцовую оболочку, наружный покров оболочки выполнен из битума и пряжи. Температура эксплуатации от минус 50°С до плюс 50°С. Абсолютная минимальная температура воздуха в Башкортостане минус 46,9°С, а абсолютная максимальная плюс 38,2°С. Кабель удовлетворяет, в том числе, и погодные требования.

2.9 Расчет и выбор электрооборудования и проводников

Для защиты людей, оборудования и имущества является важным подбор кабелей соответствующих современным требованиям и правильный выбор устройств защиты. Неправильный выбор может привести к повреждению оборудования, нарушению технологического процесса или возникновению пожара.

На примере металлопрокатного станка рассчитаем защитное устройство и проводник.

Номинальный ток $I_{НОМ}$ определяется по формуле

$$I_{НОМ} = \frac{P_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos\phi'} \quad (45)$$
$$I_{НОМ} = \frac{25}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,6} = 63,31 \text{А.}$$

Пусковой ток $I_{пуск}$ определяется по формуле

$$I_{пуск} = \frac{P_{НОМ} \cdot 7}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} \quad (46)$$
$$I_{пуск} = \frac{25 \cdot 7}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 265,88 \text{А.}$$

Ток теплового расцепителя $I_{Т.Р.}$ определяется по формуле

$$I_{Т.Р.} = I_{НОМ} \cdot 1,15, \quad (47)$$
$$I_{Т.Р.} = 63,31 \cdot 1,15 = 72,8 \text{А.}$$

Ток электромагнитного расцепителя $I_{ЕМР}$ определяется по формуле

$$I_{ЕМР} = I_{пуск} \cdot 1,25, \quad (48)$$
$$I_{ЕМР} = 265,88 \cdot 1,25 = 332,36 \text{А.}$$

Результаты расчёта для прочих линий сведём в таблицу 9.

Таблица 9 – Оборудование и проводники

№ п/п	Наименование потребителя	Количество, п	Номинальная мощность Рном, кВт	Номинальный ток Iном, А	Пусковой ток Iпуск, А	Номинальный ток теплового расцепителя Iт.р., А		Номинальный ток электромагнитного расцепителя Iэмр, А		Номинальный ток аппарата Iном, А	Тип выбранного аппарата	Номинальный допустимый ток Iдоп, А	Сечение провода S мм ²
						Расчётное значение	Стандартное значение	Расчётное значение	Стандартное значение				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Металлопрокатный станок (МС)	2	25	63,31	265,88	72,8	80	332,36	400	120	ВА-201	80	ВВГнг(А)-LS 5x25
2	Листогибочный станок (ЛС)	2	32	81,03	340,33	93,19	100	425,42	500	120	ВА-201	100	ВВГнг(А)-LS 5x35
3	Сверлильный станок (СС)	2	15	37,98	159,53	43,68	50	199,41	250	63	ВА-103	50	ВВГнг(А)-LS 5x16
4	Станция гальванической обработки (СГС)	2	25	63,31	265,88	72,8	80	332,36	400	120	ВА-201	80	ВВГнг(А)-LS 5x16

Продолжение таблицы 8

5	Покрасочный блок (ПС)	2	5	12,66	53,18	14,56	16	66,47	80	63	ВА-103	16	ВВГнг(А)-LS 5x2,5
6	Система конвейеров (СК)	3	5	12,66	53,18	14,56	16	66,47	80	63	ВА-103	16	ВВГнг(А)-LS 5x2,5
7	Осветительная сеть (ОС)	8	1	2,53	10,64	2,91	3	13,29	15	63	ВА-103	3	ВВГнг(А)-LS 5x1,5
8	Вентиляция (В)	2	10	25,32	106,35	29,12	32	132,94	160	63	ВА-103	32	ВВГнг(А)-LS 5x4
9	Сварочная установка (СУ)	1	20	50,64	212,71	58,24	63	265,88	315	63	ВА-103	63	ВВГнг(А)-LS 5x25
10	Шинная магистраль (ШМ)	1	97,13	245,96	1033,02	282,85	315	1291,27	3150	400	ВА-304	315	ВВГнг(А)-LS 5x150
11	Шинный провод освет. (ШО)	1	6,04	15,29	64,24	17,59	20	80,3	100	63	ВА-103	20	ВВГнг(А)-LS 5x2,5

В таблице 9 представлены проводники и защитные устройства для размещения их в цеху заготовок, которое подобраны таким образом, чтобы обеспечить достаточную плотность тока и не вызвать опасности пожара или отключений по ложному срабатыванию. Проводимость проводников была подобрана по [12], защитная аппаратура в соответствии [13] и [14], также защитная аппаратура для использования в промышленности должна соответствовать [15] и [16].

Выводы раздела 2:

Во втором разделе были выполнены расчёты и построения, необходимые для разработки системы электрического снабжения предприятия ООО «Автоматик».

Во-первых, был проведён расчёт нагрузок для того, чтобы составить представление об общей действительной нагрузке, а не пользоваться установленной мощностью. На основе этого расчёта можно выбрать оборудование с оптимальными параметрами, без завышения или недооценки существующих требований. Во-вторых, построены картограммы и центры электрических нагрузок для того, чтобы выбрать наилучшее место установки КТП. Это позволит сократить затраты на длину кабелей большого сечения. В-третьих, обоснована необходимость установки и подобрано устройство компенсации реактивной мощности, что позволит потреблять из сети меньшую мощность, не перегружая её. В-четвёртых, выбрана КТП оптимальной мощности, что даёт возможность снизить потери холостого хода или исключить перегрузки, сокращающие её срок эксплуатации. В-пятых, определена схема для обеспечения надежного электроснабжения электроприёмников первой категории. Рассчитаны также токи КЗ и выбраны кабели, способные выдержать максимальные тепловые нагрузки. По номинальному току потребления произведён выбор устройств защиты, которые предотвратят перегрузку кабелей и электроприёмников.

3 Заземление и молниезащита электрооборудования предприятия

3.1 Расчет заземления зданий и сооружений объекта

Оценка возможности использования железобетонных фундаментов промышленных зданий в качестве заземлителей производится по [8].

При использовании железобетонных фундаментов промышленных зданий в качестве заземлителей сопротивление растеканию заземляющего устройства в Ом должно оцениваться по формуле

$$R = 0,5 \cdot \frac{p_{\text{э}}}{\sqrt{S}}, \quad (49)$$

где S – площадь, ограниченная периметром здания, м^2 ;

$p_{\text{э}}$ – удельное эквивалентное электрическое сопротивление земли, Ом·м.

Для расчета $p_{\text{э}}$ в Ом·м используется формула

$$p_{\text{э}} = p_1 \cdot \left[1 - \exp\left(-\alpha \cdot \frac{h_1}{\sqrt{S}}\right) \right] + p_2 \cdot \left[1 - \exp\left(-\beta \cdot \frac{\sqrt{S}}{h_1}\right) \right], \quad (50)$$

где p_1 – удельное электрическое сопротивление верхнего слоя земли, Ом·м;

p_2 – удельное электрическое сопротивление нижнего слоя, Ом·м;

h_1 – мощность (толщина) верхнего слоя земли, м;

α, β – безразмерные коэффициенты, зависящие от соотношения удельных электрических сопротивлений слоев земли. Если $p_1 > p_2$, то $\alpha = 3,6$ и $\beta = 0,1$ иначе – $\alpha = 1,1 \cdot 10^2$ и $\beta = 0,3 \cdot 10^{-2}$.

На территории предприятия ООО «Автоматик» верхний слой глубиной 2,5 метра из чернозёма (40 Ом·метр) и нижний слой суглинок (150 Ом·метр).

Для цеха заготовок удельное эквивалентное электрическое сопротивление земли рассчитывается формулами (49) и (50)

$$p_{\text{э}} = 128,5730 \text{ м} \cdot \text{м},$$
$$R = 0,5 \cdot \frac{128,573}{\sqrt{16 \cdot 9,6}} = 5,1870 \text{ м}.$$

Прочие здания имеют схожую площадь около 72 квадратных метров. Расчёт удельного эквивалентного электрического сопротивления земли рассчитывается формулами (49) и (50)

$$p_{\text{э}} = 100,7840 \text{ м} \cdot \text{м},$$
$$R = 0,5 \cdot \frac{100,784}{\sqrt{72}} = 5,9390 \text{ м}.$$

Согласно ПУЭ, сопротивление заземляющей установки потребителей не должно превышать 10 Ом. [1]

У всех зданий предприятия ООО «Автоматик» естественные заземлители удовлетворяют нормативные требования.

3.2 Расчёт заземления КТП

Согласно ПУЭ у трансформаторных подстанций сопротивления заземляющей установки должно быть не более 4 Ом.

В данной КТП полосой из того же материала сечением не менее 90 мм, согласно ГОСТ Р 50571.5.54-2013/МЭК 60364-5-54:2011.

Периметр заземляющего контура 4,096 х 5,248 метров с учётом отступа от КТП на 0,5 метра, а также 2 полосы перпендикулярно к противоположащим полосам. Глубина заложения 0,8 метра, грунт чернозём.

Общая длина полосы определяется по формуле

$$L = a \cdot 3 + b \cdot 3, \quad (51)$$
$$L = 4,096 \cdot 3 + 5,248 \cdot 3 = 28,032 \text{ м.}$$

Сопротивление полосы относительно земли определяется по формуле

$$R = 2 \cdot \frac{\rho}{L}, \quad (52)$$
$$R = 2 \cdot \frac{40}{28,032} = 1,470 \text{ Ом.}$$

Согласно ПУЭ, сопротивление заземляющей установки ТП не должно превышать 4 Ом. [1]

Заземляющая установка удовлетворяет нормативные требования.

На рисунке 9 изображен заземляющий контур, подготовленный для комплектной трансформаторной подстанции. Контур будет выполнен из стальной полосы 4х40 и соединен в двух местах, находящихся с противоположных сторон с заземляющим контуром комплектной трансформаторной подстанции.

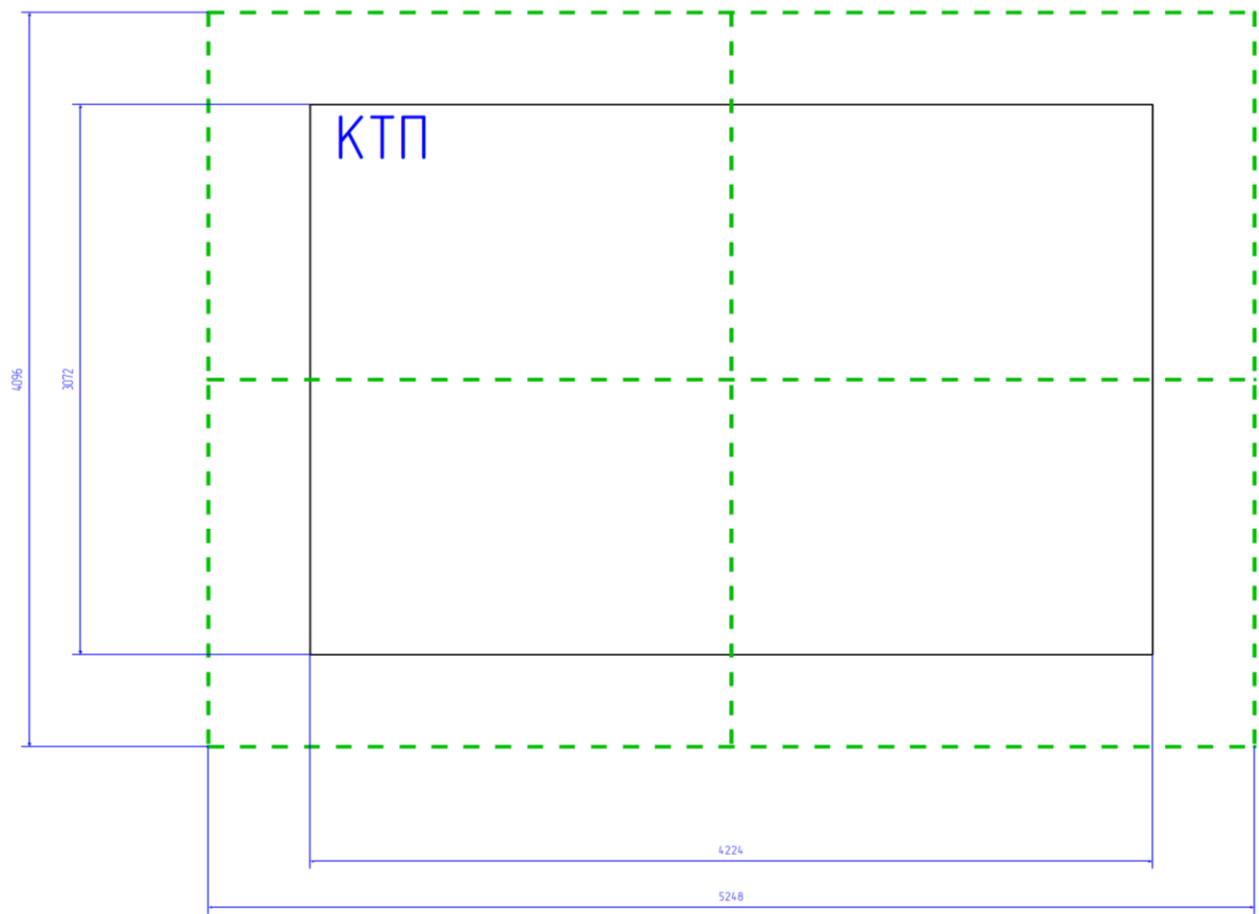


Рисунок 9 – Схема прокладки заземляющего контура

3.3 Молниезащита

Для защиты людей и оборудования предприятия ООО «Автоматик» от электрических и электромагнитных воздействий молний необходимо выполнить установку молниезащиты [10]-[11].

Исходные данные цеха заготовок:

- Высота 6 метров;
- Длина 16 метров;
- Ширина 9,584 метра.

Молниезащита будет выполнена одиночным тросовым молниеотводом.

На рисунке 10 графически показаны параметры, значения которых будут рассчитываться и использоваться при построении зоны молниезащиты.

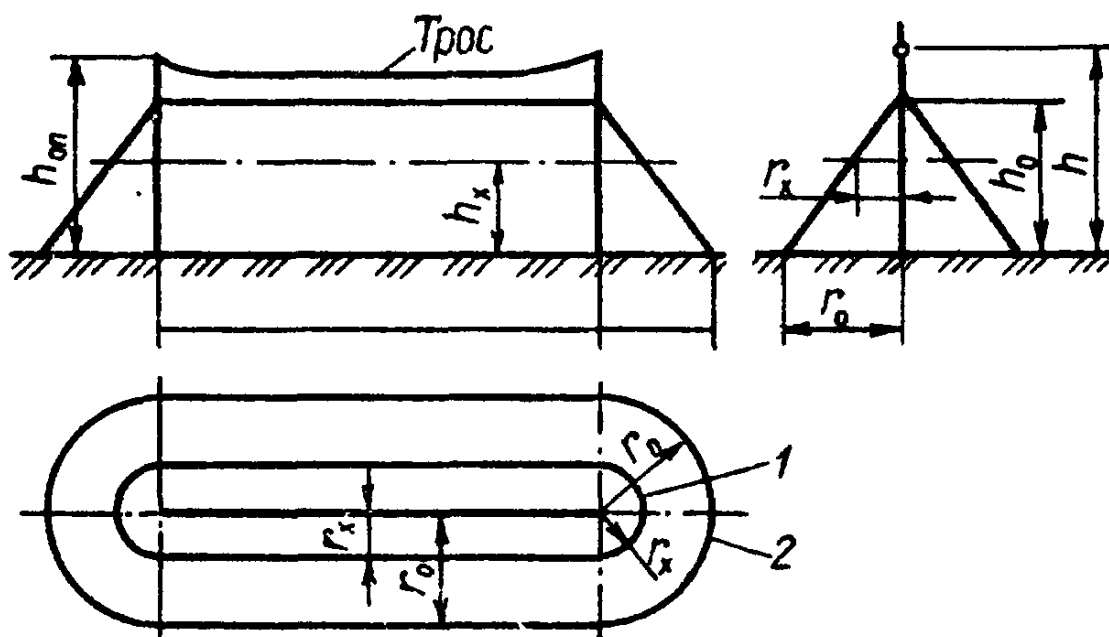


Рисунок 10 – Зона защиты одиночного тросового молниеотвода

Учитывая, что неизбежен провес троса в случаях высоты подвеса до 120 метров, то в ходе расчётов следует вычесть 2 метра от высоты опоры по формуле

$$h = h_{OP} - 2. \quad (53)$$

Зоны защиты одиночного тросового молниеотвода делятся на две части.

Значения, необходимые для построения зоны А (надёжность >99,5%), рассчитываются по формулам

$$h_0 = 0,85 \cdot h, \quad (54)$$

$$r_0 = (1,35 - 0,0025 \cdot h) \cdot h, \quad (55)$$

$$rx = (1,35 - 0,0025 \cdot h) \cdot \left(h - \frac{h_x}{0,85} \right). \quad (56)$$

В случае затруднений с достижением характеристик нужных для зоны А или отсутствии требований к такому уровню защиты достаточно рассчитать значения, необходимые для построения зоны Б (надёжность >95%), используя формулы

$$h_0 = 0,92 \cdot h, \quad (57)$$

$$r_0 = 1,7 \cdot h, \quad (58)$$

$$rx = 1,7 \cdot \left(h - \frac{h_x}{0,92} \right). \quad (59)$$

Полученные значения вносим в таблицу 10.

Таблица 10 – Расчёт значений для построения диаграммы

Параметр	Значение параметра для цеха заготовок
Высота здания, м $h_{зд}$	6
$h_x = 1,1 \cdot h_{зд}$	6,6
Высота опор, м	13,5

Продолжение таблицы 8

$h = h_{OP} - 2;$	11,5
Зона А	
$h_0 = 0,85 \cdot h;$	9,78
$r_0 = (1,35 - 0,0025 \cdot h) \cdot h;$	15,19
$rx = (1,35 - 0,0025 \cdot h) \cdot \left(h - \frac{h_x}{0,85}\right).$	4,94
Зона Б	
$h_0 = 0,92 \cdot h;$	10,58
$r_0 = 1,7 \cdot h;$	19,55
$rx = 1,7 \cdot \left(h - \frac{h_x}{0,92}\right);$	7,35

В Республике Башкортостан средняя продолжительность гроз в год составляет от 40 до 60 часов в год. Это значит, что каждый год, на каждый квадратный километр территории приходится по 4 удара молнии.

На рисунке 11 изображён купол защиты здания зоной А. На рисунке видны: две опоры, трос с провисанием, контур цеха и купол, изображающий защищённую зону. Для предотвращения негативного влияния молний на электрооборудование, здание и людей на высоте 13,5м над цехом следует повесить трос ($S=35 \text{ мм}^2$). При этом всё здание будет помещаться в зону А.

Выводы раздела 3:

Выполненные в данном разделе мероприятия и расчёты являются необходимым минимумом по созданию безопасных условий на территории ООО «Автоматик», а именно недопущения опасности разности потенциалов, способной навредить человеку, а также исключения возможности поражений молнией.

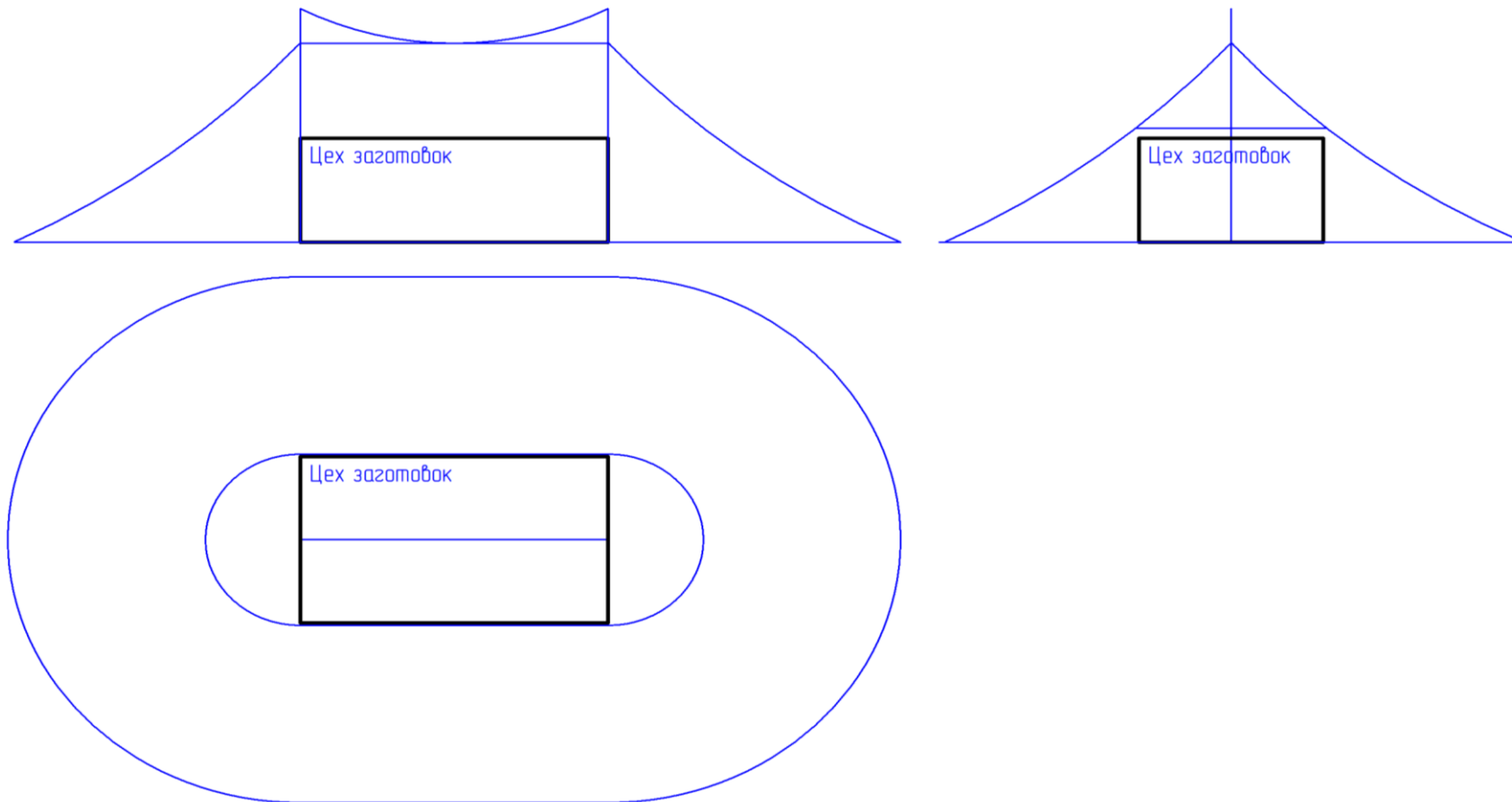


Рисунок 11 – Зона молниезащиты А

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью любого коммерческого предприятия является получение прибыли. Поскольку на размер прибыли влияет не только размер дохода, но и размеры расходов, то необходимо постоянно оптимизировать организацию, модернизировать её с целью уменьшения расходов. В области энергетики этого можно достичь через снижение количества потребляемой электроэнергии и расходов на ремонт и эксплуатацию имеющихся инженерных сетей.

Целью данной выпускной квалификационной работы является «Реконструкция электрооборудования на предприятии ООО «Автоматик»». Для это была проделана комплексная задача:

- рассчитаны электрические нагрузки, чтобы иметь представление о фактической нагрузке, она равна 238,09 кВА в общем по предприятию ООО «Автоматик» и расчёт ток на шинах ТП равен 343,65 А;
- определены ЦЭН для установки ТП в наиболее удачном, в соотношении сечений к длинам проводников, месте, ЦЭН реактивной мощности располагается в точке 14,55 метра по оси абсцисс и 16,24 метра по оси ординат, ЦЭН активной мощности располагается в точке 17,4 метра по оси абсцисс и 14,3 метра по оси ординат;
- рассчитано устройство компенсации реактивной мощности, чтобы сократить расходы на электроэнергию, которая не выполняет никакой полезной работы, выбрана установка компенсации реактивной мощности мощностью в 50 кВА, что даёт снижение потребления электроэнергии из сети на 8%;
- выбраны 2 силовых трансформатора мощностью в 250 кВА, чтобы иметь собственные надёжные и независимые источники питания для обеспечения электроэнергией всего предприятия ООО «Автоматик»;

- выбрана схема с двумя секциями шин, секционным выключателем и устройством АВР выполненном на моторных приводах для питания потребителей, чтобы их не касалась возможная неисправность на одном из фидеров;
- рассчитаны токи коротких замыканий, чтобы выбрать наиболее подходящие проводники и защитные устройства;
- спроектирована заземляющая установки с использование естественных заземлителей для зданий и полосы стальной сечением 160 квадратных миллиметра, заложенными в земле на глубине 0,8 метра для КТП, чтобы удовлетворить требования ПУЭ и обеспечить безопасность работы персонала и оборудования;
- спроектирована молниезащита из одиночного тросового проводника, закрепленного на опорах высотой 13,5 метров, чтобы предотвратить ущерб от первичных и вторичных проявлений молний с вероятностью в 99,5%.

Всё это необходимо для нормального функционирования предприятия ООО «Автоматик», создания безопасных условий для персонала, оптимизации потребления электроэнергии и сокращения финансовых издержек.

Таким образом, все задачи данной выпускной квалификационной работы были решены и цель достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. Новосибирск: Норматика, 2016. 464 с.
2. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения, РФ, 2014г.
3. РД 34.20.185-94 «Инструкция по проектированию городских электрических сетей» АО «ЕЭС России», ЕЭС России, РФ, 1995 г.
4. РТМ36.18.32.6-92 "Указания по проектированию установок компенсации реактивной мощности в электрических сетях общего назначения промышленных предприятий", ВНИПИ ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ, Москва, 1993 г.
5. Пособие к РТМ 36.18.32.6-02 «Указания по проектированию установок компенсации реактивной мощности в электрических сетях общего назначения промышленных предприятий» м788-1071, ВНИПИ ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ, Москва, 1993 г.
6. РТМ 36.18.32.4-92 «Указания по расчету электрических нагрузок» ВНИПИ ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ. Москва, 1992
7. Пособие к «Указаниям по расчету электрических нагрузок» (вторая редакция) внипи тяжпромэлектропроект, ВНИПИ ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ, Москва, 1993 г.
8. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1) ПЕРЕИЗДАНИЕ (июнь 2001 г.) с Изменением N 1, утвержденным в марте 1987 г. (ИУС N 7-87), РФ, 2001 г.
9. ГОСТ Р 50571.5.54-2013/МЭК 60364-5-54:2011 Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов, РФ, 2012 г.

10. РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений». ЭНИН им. Г.М.Кржижановского, В.И.Поливанов, В.В.Шатров, А.В.Цапенко, 1987 г.
11. СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций, 2003 г.
12. ГОСТ 31996-2012 Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение 0,66; 1 и 3 кВ. Общие технические условия, РФ, 2014 г.
13. ГОСТ Р 50030.2-2010 (МЭК 60947-2:2006) Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 2. Автоматические выключатели, РФ, 2012 г.
14. ГОСТ Р 50345-2010 (МЭК 60898-1:2003) Аппаратура малогабаритная электрическая. Автоматические выключатели для защиты от сверхтоков бытового и аналогичного назначения. Часть 1. Автоматические выключатели для переменного тока, РФ, 2012 г.
15. ГОСТ 30331.1-2013 (IEC 60364-1:2005) Электроустановки низковольтные. Часть 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения. РФ, 2014 г.
16. ГОСТ Р 51321.1-2007 (МЭК 60439-1:2004) Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 1. Устройства, испытанные полностью или частично. Общие технические требования и методы испытаний, РФ, 2009 г.
17. ГОСТ 6815-79 Шинопроводы магистральные и распределительные переменного тока на напряжение до 1000 в, СССР, 1981 г.
18. ГОСТ 721-77. Системы электроснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения свыше 1000 В (с Изменениями N 1, 2, 3), СССР, 1978 г.

19. ГОСТ Р 52736-2007 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета электродинамического и термического действия тока короткого замыкания, 2008 г.
20. РД 153-34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования, МЭИ, Москва, 1998 г.
21. ГОСТ Р 52719-2007 Трансформаторы силовые. Общие технические условия (с Поправкой), РФ, 2008 г.
22. ГОСТ 2.105-2019 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам (с Изменением N 1), РФ, 2020 г.
23. ГОСТ 2.106-2019 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Текстовые документы (с Изменением N 1), РФ, 2020 г.