

ВВЕДЕНИЕ

Данный дипломный проект посвящён расчёту системы электроснабжения нового маслоэкстракционного завода «Маслодел» в Северо-Казахстанской области.

Запуск нового экстракционного завода позволит в значительной степени увеличить объёмы переработки масличных культур, производства растительного масла, в частности льняного и рапсового, а также кормов для крупного рогатого скота (жмых). При выходе на 100% проектную мощность, предприятие планирует перерабатывать 180-300 тысяч тонн семян масличных культур в год, что составляет 7,6-12,7% годового валового сбора маслосемян [1].

Проект является полностью экспортоориентированным, основным направлением для реализации растительного масла станет Китай, а для экспорта кормов – Европа, Россия и Китай. Ввести завод в эксплуатацию представители ТОО «Масло-Дел Петропавловск» планируют в 2023 году, на территории действующего собственного зернохранилища общей вместимостью 58 тысяч тонн единовременного хранения масличных культур будут вестись строительные работы [2].

Запуск завода имеет большое социальное значение для Северо-Казахстанской области, которая является лидером по производству семян масличных культур. Так, учитывая внушительную мощность переработки предприятия, завод послужит дополнительным стимулом для местных сельхозпроизводителей увеличивать сев таких масличных культур, как подсолнечник, лен, и рапс. Запуск завода позволит создать дополнительно 217 рабочих мест, а также увеличить объёмы производства и экспорта продукции до 300 тысяч тонн в год, что позволит увеличить долю переработки в регионе с 30% до 60% [3].

Цель и задачи проекта – расчёт системы электроснабжения маслоэкстракционного завода «Масло-Дел Петропавловск».

Для реализации проекта маслоэкстракционного завода необходимо разработать надёжную и безопасную систему электроснабжения, учитывающую особенности производства и потребление электроэнергии на различных участках. Она должна быть способна обеспечивать бесперебойную работу завода, снижать риски аварий и поломок, а также уменьшать затраты на энергообеспечение производства.

Результатом работы будет разработка оптимальной системы электроснабжения, учитывающей все требования и особенности производства и способной обеспечивать надёжную и эффективную работу маслоэкстракционного завода.

1 Краткая характеристика объекта.

Маслоэкстракционный завод (МЭЗ) – это производственный объект, предназначенный для получения растительных масел из сырья, такого как подсолнечник, соя, рапс, лен и другие.

Основной процесс на МЭЗ - это механическое отжимание масла из растительного сырья. Для этого сырье подвергается очистке и дроблению, затем происходит механическое отжимание масла с помощью пресса. После отжима получается масло и шрот (остаток семян).

Масло, полученное на МЭЗ, далее подвергается процессу очистки, который может включать в себя дегуммирование, нейтрализацию, отбеливание, дезодорацию и другие этапы, зависящие от требуемых характеристик и стандартов масла. После очистки масло упаковывается и отправляется на склад готовой продукции.

Шрот, полученный в процессе отжима, также может использоваться для производства кормов для животных или как сырье для получения биотоплива.

Источник электроснабжения – Петропавловская ТЭЦ-2.

Точка присоединения – ячейки РУ 10 кВ ПС 110/10 кВ №8. Старая часть завода подключена к существующей КТПН- 2×1600- 10/ 0,4 кВ.

Производственная программа и режим работы. Режим работы – три смены в сутки, 322 дня в году. Продолжительность смены - 8 ч.

Количество работников завода составит 230 человек.

Мощность производства. Мощность производства проектируемых объектов определена производительностью оборудования, которое устанавливается в нем и составляет 1200 т / сутки по входящим на переработку семенам подсолнечника, годовая – 370 тысяч тонн.

Расчетная мощность проектируемого объекта – 10 МВт.

По степени надежности электроснабжения электроприемники проектируемого объекта относятся к I-й и II-й категории. К I-й категории относится противопожарная насосная станция, аварийное освещение, системы аварийной вентиляции и противодымной защиты и устройства противопожарной автоматики, которые входят в состав отдельного проекта. К II-й категории относятся все остальные отделения, здания и оборудование в соответствии с заданием на проектирование.

Площадь территории – 14,7 га, площадь производственных помещений – 7920 кв.м. Площадь складских помещений – 27080 кв.м.

Основные виды продукции – масло пресовое, жмых, шрот. Перерабатываемые культуры – семена подсолнечника, рапса, льна.

Планируемый год ввода в эксплуатацию- 2023 год.

Структура предприятия:

1. Проходная;
2. Административный корпус;
3. Цех приёмки семян;

4. Силоса для хранения семян;
5. Склад хранения семян, жмыха и шрота;
6. Цех подготовки семян и прессования;
7. Цех экстракции;
8. Маслобаковое хранилище;
9. Маслонасосная станция;
10. Цех фасовки жмыха и шрота;
11. ЖД пути.

Генеральный план маслоэкстракционного завода предоставлен на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 Генеральный план маслоэкстракционного завода.

2. Определение расчётных электрических нагрузок

2.1 Выбор схемы электроснабжения предприятия

Электроснабжение является важной составляющей функционирования любого предприятия. Правильный выбор схемы электроснабжения может не только обеспечить надежность и эффективность работы предприятия, но и снизить затраты на энергопотребление.

При выборе схемы электроснабжения необходимо учитывать множество факторов, таких как мощность потребления электроэнергии, тип электроприемников, возможность использования возобновляемых источников энергии, доступность и стоимость энергоносителей, функциональные требования и расходы на установку и эксплуатацию.

Кроме того, выбор схемы электроснабжения должен соответствовать требованиям законодательства и нормам безопасности, а также учитывать местные условия, такие как климатические особенности и географическое расположение.

В данном контексте, компетентное проектирование и монтаж системы электроснабжения предприятия играют важную роль в обеспечении надежности и эффективности работы. Поэтому, перед принятием окончательного решения по выбору схемы электроснабжения, необходимо провести тщательный анализ и учесть все факторы, которые могут повлиять на работу предприятия

Выбор схемы зависит от категории надёжности и бесперебойности электрического снабжения. Радиальными называют схемы, которые содержат прямую связь питания с точкой источника (ГПП), радиальные схемы построения применяют для всех категорий надёжности. Магистральная схема представляет собой систему электрического снабжения с предусмотренными в ней дополнительными точками (РП), электрические приёмники в такой системе исключают прямое питание от источника, поэтому применяется только для 2 и 3 категории надёжности. Эта система позволяет сократить расходы при проектировании. Комбинированная схема представляет собой общую систему построения с радиальной и магистральной схемой на практике применяется часто т.к. при расчётах встречаются 1, 2 и 3 категория надёжности [4].

Завод является потребителем второй категории. Из этого следует, что питание будет производиться по двум линиям электропередач, от ПС№8, где установлены два трансформатора, экономически целесообразно использовать кабельные линии, проложенные в земле, так как расстояние от ПС№8 до трансформаторных подстанций меньше 10 километров. Каждый трансформатор подключен к отдельной линии, это связано с тем, что при аварии на первой линии работа будет продолжаться, так как вторая возьмет на себя всю нагрузку.

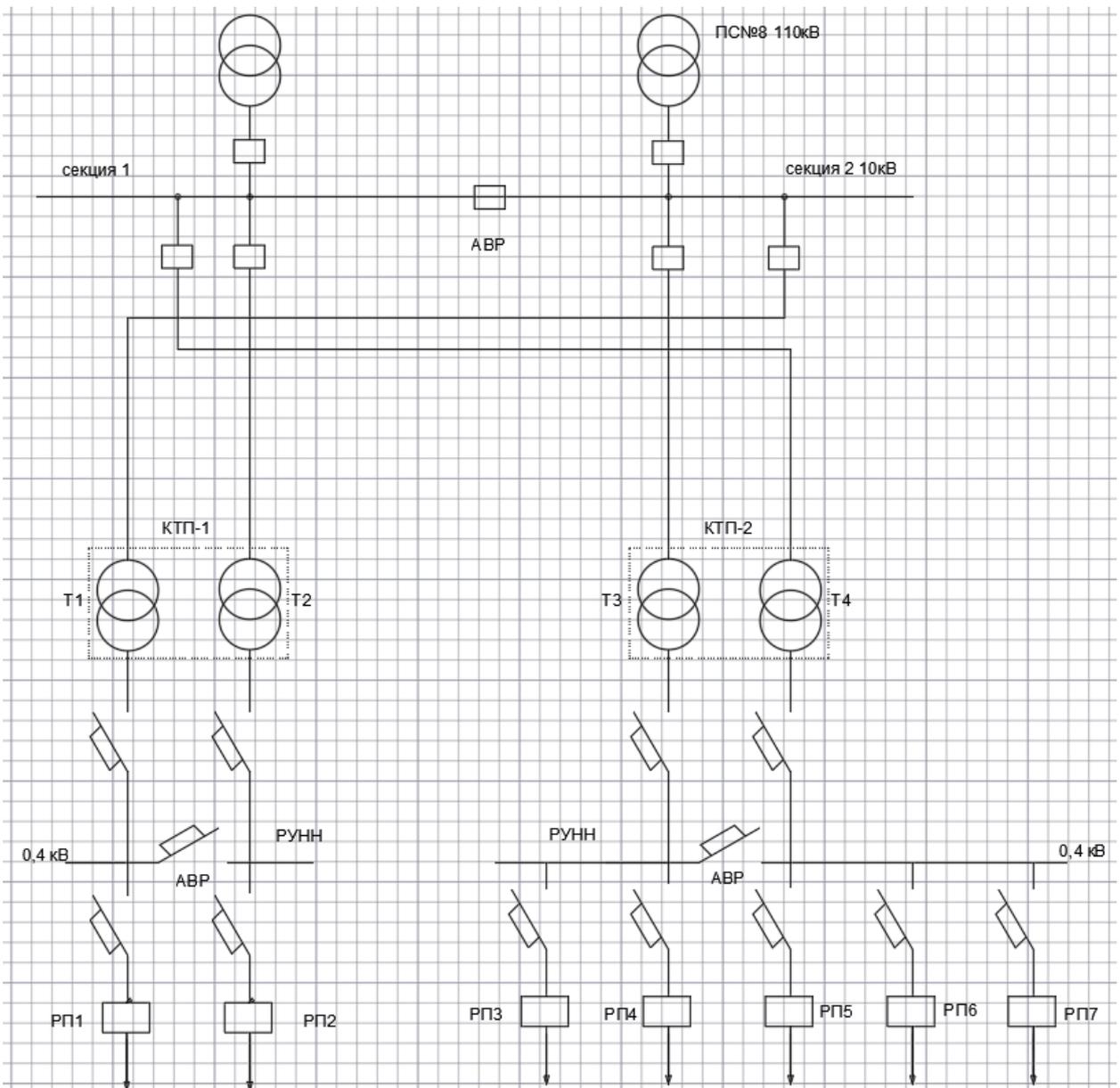


Рисунок 2.1

2.2 Расчет цеховых электрических нагрузок

Определение электрических нагрузок является начальным этапом проектирования любой системы электроснабжения, занижение расчетных нагрузок, приводит к уменьшению пропускной способности сети по условию нагрева, вследствие этого нарушается нормальное функционирование предприятия. Завышение расчетной нагрузки приводит к излишним капиталовложениям в строительство сетей электроснабжения. Поэтому точное определение расчетных нагрузок является одним из основополагающих этапов проектирования любой электрической сети в промышленности, т. к. величина электрических нагрузок оказывает существенное влияние на выбор элементов и технико-экономические показатели проектируемой системы электроснабжения.

Структура предприятия со

Так как нам неизвестен точный перечень и мощности электроприёмников, расчёт электрических нагрузок каждого цеха проведём методом коэффициента спроса, по формуле:

$$P_p = K_c \cdot P_n$$

$$Q_{cm} = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi \quad (2.1)$$

где P_n – суммарная установленная мощность всех приёмников цеха;
 K_c – коэффициент проса, принимаемый по справочным данным;
 $\operatorname{tg}\varphi$ – принимается по соответствующему значению коэффициента мощности.

Нагрузка освещённости находится по формуле

$$P_{po} = K_{co} \cdot P_{но} \quad (2.2)$$

где K_{co} – коэффициент спроса на осветительную установку, принимаемый по справочным данным;
 $P_{но}$ – номинальная мощность осветительной установки.

$$P_{но} = P_{y\delta} \cdot F \quad (2.3)$$

где $P_{y\delta}$ – удельная плотность нагрузки на 1 m^2 производственной площади, кВт/ m^2 ;
 F – площадь соответствующего цеха, m^2 .

Полная расчётная мощность цеха, кВА:

$$S_p = \sqrt{(P_{\dot{\dot{c}} p} + P_{po})^2 + Q_p^2} \quad (2.4)$$

Известна производственная мощность завода по переработке маслосемян: суточная – 1200 тонн, годовая – 370 тысяч тонн. Возьмём среднее значение установленной мощности для каждого цеха на примере МЭЗов аналогичной производственной мощности и внесём исходные данные в таблицу 2.1. Проходная и административный корпус уже подключены к существующей КТПН- 2×1600- 10/ 0,4 кВ, поэтому не будут учитываться при расчётах.

Таблица 2.1 Сведения об электрических нагрузках маслоэкстракционного завода.

№ по ген. пл.	Наименование цехов, участков, отделений	P_n , кВт
3	Цех приёмки семян	775,5
4	Комплекс элеватора семян	1725
5	Склад хранения семян, жмыха и шрота	180
6	Цех по подготовке семян и прессованию	1265,5
	Механическая мастерская	54,96
7	Цех экстракции	432,75
	Лаборатория	10
	Участок гидратации	190,95
	Воздушная компрессорная	27,75
8-9	Маслонасосная	158,25
10	Пневмотранспорт лузги и шрота	454,2
Итого		5275

Рассмотрим расчёт на примере элеватора семян. Номинальная мощность $P_{ном}=1725\text{ кВт}$, коэффициент спроса $K_c=0,65$, $\text{tg}\varphi=0,88$. Площадь составляет 17200 м^2 . Коэффициент спроса осветительной нагрузки $K_{co}=0,85$. Удельная плотность нагрузки на 1 м^2 $P_{yo}=0,015\text{ кВт/м}^2$.

$$P_p = 0,65 \cdot 1725 = 1121,25 \text{ ,}$$

$$Q_p = 1121,25 \cdot 0,88 = 986,7 \text{ ,}$$

$$P_{но} = 0,015 \cdot 10200 = 153 \text{ ,}$$

$$P_{po} = 0,85 \cdot 153 = 130 \text{ ,}$$

$$S_p = \sqrt{(1121,25 + 130)^2 + 986,7^2} = 1593,48\text{ кВА}$$

Таблица 2.2 Расчёт электрических нагрузок маслоэкстракционного завода

№ по ген. пл.	Наименование цехов, участков, отделений	Силовая нагрузка					Осветительная нагрузка					Суммарная мощность		
		K_c	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	F, m^2	$P_{уд0}$ кВт/ m^2	K_{co}	$P_{но}$, кВт	$P_{ро}$, кВт	$P_p + P_{ро}$	Q_p , кВАр	S_p , кВА
3	Цех приёмки семян	0,6	0,7	1,02	465,3	474,6	2550	0,015	0,7	38,25	26,8	492	474,6	683,65
4	Комплекс элеватора семян	0,65	0,75	0,88	1121,25	986,7	10200	0,015	0,85	153	130	1252	986,7	1593,8
5	Склад хранения семян, жмыха и шрота	0,4	0,8	0,75	72	54	15780	0,015	0,85	236,7	201,2	273,2	54	278,3
6	Цех по подготовке семян и прессованию	0,8	0,8	0,75	1012,4	759,3	2500	0,015	0,75	37,5	28,1	1040,5	759,3	1288
	Механическая мастерская	0,35	0,7	1,02	19,23	19,62	500	0,015	0,9	7,5	6,75	25,6	19,62	32,5
7	Цех экстракции	0,6	0,75	0,88	260	228,5	1500	0,015	0,8	22,5	18	278	228,5	360
	Лаборатория	0,5	0,8	0,75	5	3,75	100	0,015	0,8	1,5	1,2	6,2	3,75	7,25
	Участок гидратации	0,6	0,8	0,75	114,57	85,93	250	0,015	0,7	3,75	2,62	117,2	85,93	145,32
	Воздушная компрессорная	0,7	0,8	0,75	19,42	14,6	250	0,015	0,7	3,75	2,62	22	14,6	26,4
8-9	Маслонасосная	0,7	0,75	0,88	110,78	97,5	4550	0,015	0,85	68,25	58	168,8	97,5	195
10	Цех фасовки лузги и шрота	0,6	0,8	0,75	272,52	204,4	4070	0,015	0,9	61,05	55	327,5	204,4	386
	Освещение территории						102750	0,00016	1,00	16,44	16,44	16,44	0,0	16,44
Всего					3472,1	2928,8						4044,7	2928,8	5000

2.3 Определение центра электрических нагрузок

Так как электрические нагрузки большие, целесообразно будет поставить несколько БКТП. Элеваторный комплекс и цех приёма семян будут подключаться к БКТП-1, остальные цеха к БКТП-2. Для определения местоположения БКТП-1 и БКТП-2 на генплан промышленного предприятия наносится картограмма нагрузок. Картограмма нагрузок предприятия представляет собой размещённые по генплану окружности, причём площади, ограниченные этими окружностями, в выбранном масштабе равны расчётным нагрузкам электропотребителей. Для каждого потребителя электроэнергии наносится своя окружность, центр которой совпадает с центром нагрузок цеха.

Генплан предприятия представлен на рисунке 2.2. Картограмма нагрузок представлена на рисунке 2.2

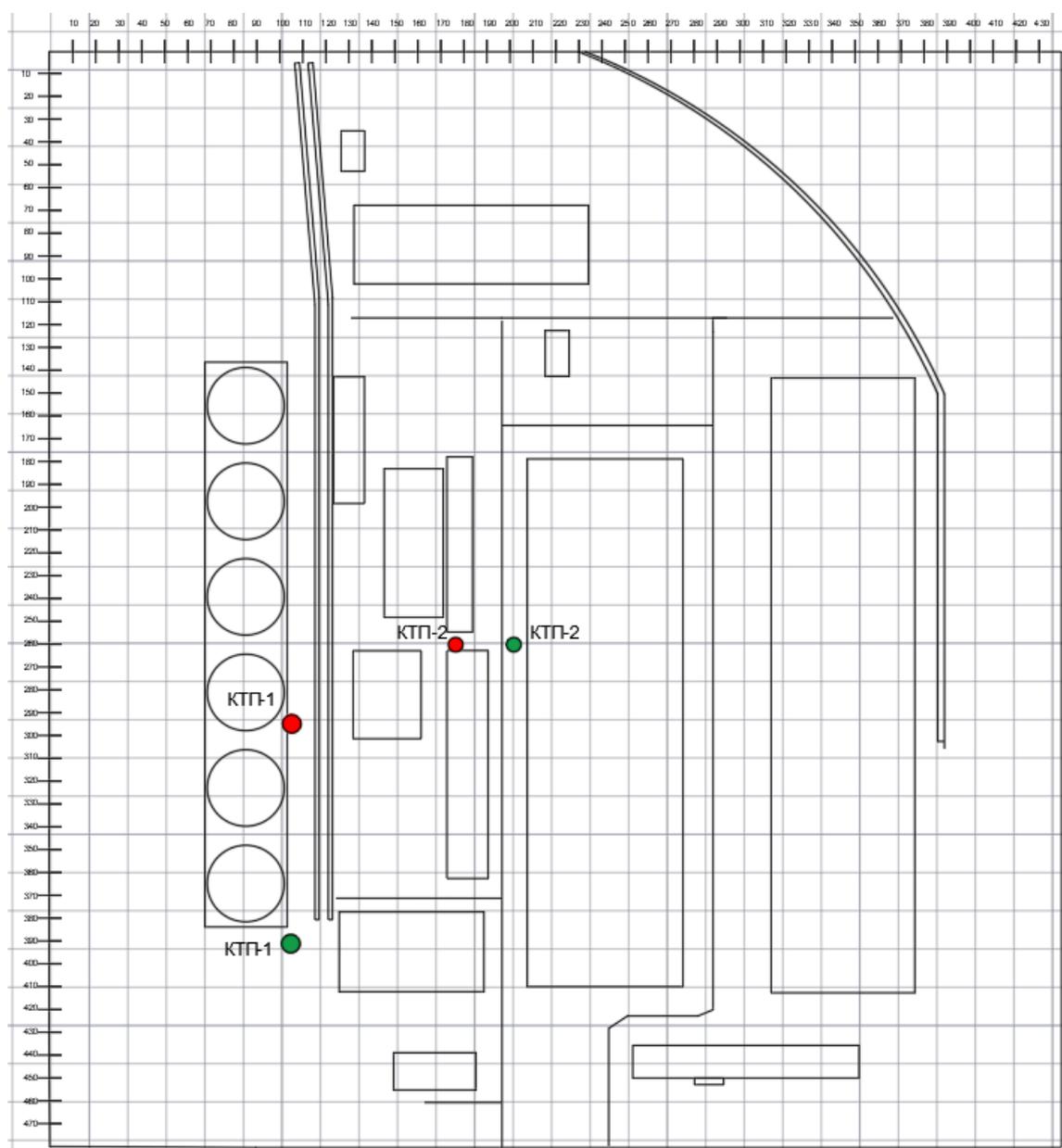


Рисунок 2.2 Генплан предприятия для построения ЦЭН

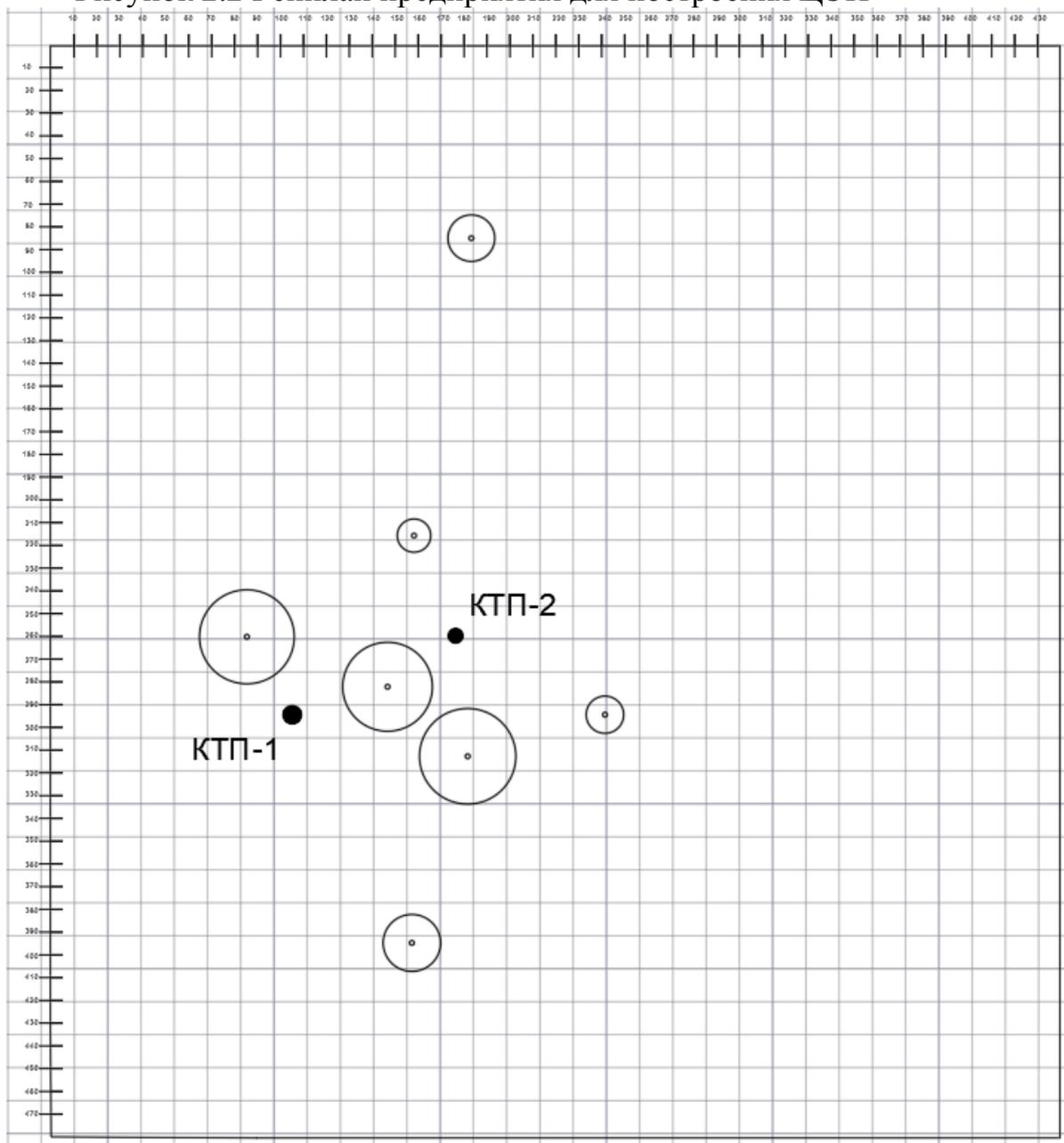


Рисунок 2.3 Картограмма нагрузок

Радиус окружности определяют по формуле, м

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi \cdot \mu}} \quad (2.5)$$

где P_{pi} – расчётная активная нагрузка i -го приёмника, кВт;
 μ – масштаб для определения площади круга; принимаем $\mu = 1$, кВт/мм².

Для примера рассчитаем цех приёмки семян

$$r = \sqrt{\frac{492}{3,14 \cdot 1}} = 12,51 \text{ мм}$$

Аналогично проводим расчёт для остальных нагрузок и занесём значения в таблицу 2.3 .

Центр нагрузок предприятия можно определить по формулам, м

$$x_0 = \frac{\sum_1^n P_{pi} \cdot x_i}{\sum_1^n P_{pi}},$$

$$y_0 = \frac{\sum_1^n P_{pi} \cdot y_i}{\sum_1^n P_{pi}},$$

Где x_i, y_i – координаты центра электрической нагрузки i -го потребителя

Расчёт центра нагрузок приводится в таблице 2.3

Таблица 2.3 Расчетные данные для построения картограммы нагрузок

№	Наименование цехов	$P_p + P_{po}$	$r, \text{ мм}$	$x, \text{ м}$	$y, \text{ м}$	$(P_{pi} + P_{po}) \cdot x$	$(P_{pi} + P_{po}) \cdot y$
БКТП-1							
3	Цех приёмки семян	492	12,51	157	395	77244	194340
4	Комплекс элеватора семян	1252	20,65	85	260	113900	348400
Всего на БКТП-1		1832				191144	542740
БКТП-2							
5	Склад хранения семян, жмыха и шрота	273,2	8,17	240	295	50280	61802,5
6	Цех по подготовке семян и прессованию	1040,5	18,2	182	312	189371	324636
	Механическая мастерская	25,6	2,85	182	312	4659,2	7987,2
7	Цех экстракции	278	9,4	148	282	41144	78396
	Лаборатория	6,2	1,4	148	282	917,6	1748,4
	Участок гидратации	117,2	6,1	148	282	17345,6	33050,4
	Воздушная компрессорная	22	2,64	148	282	3256	6204
8-9	Маслонасосная	168,8	7,33	160	215	27008	36292
10	Цех фасовки лузги и шрота	327,5	10,21	182	85	59605	27837,5

Всего на БКТП-2	2212,7				393586,4	577954
Всего	4044,7				584730,4	1120694

Координат центра нагрузок

$$x_0 = \frac{584730,4}{4044,7} = i 144,5 \text{ м,}$$

$$y_0 = \frac{1120694}{4044,7} = i 277,1 \text{ м.}$$

Координаты БКТП-1

$$x_0 = \frac{191144}{1832} = i 104,3 \text{ м,}$$

$$y_0 = \frac{542740}{1832} = i 296,25 \text{ м.}$$

Координаты БКТП-2

$$x_0 = \frac{393586,4}{2212,7} = i 177,9 \text{ м,}$$

$$y_0 = \frac{577954}{2212,7} = i 261,2 \text{ м.}$$

2.4 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов.

При проектировании электроснабжения производственного предприятия необходимо выбрать оптимальное число и мощность цеховых трансформаторов. Цеховые трансформаторы используются для преобразования напряжения электроэнергии с целью обеспечения нужного напряжения для работы электроприемников в производственном процессе.

Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов зависит от ряда факторов, таких как потребляемая мощность, коэффициент мощности, режим работы, необходимость резервирования, напряжение, расчетный срок службы, размеры и вес трансформаторов.

Оптимальный выбор числа и мощности цеховых трансформаторов обеспечит надежное и эффективное электроснабжение производственного предприятия, а также позволит сократить затраты на энергопотребление и эксплуатацию электрооборудования.

Нужно определить необходимость резервирования цеховых трансформаторов. Резервирование может быть двойным (два трансформатора работают параллельно) или аварийным (запасной трансформатор запускается в случае выхода из строя основного).

Двухтрансформаторные подстанции рекомендуется применять в следующих случаях: при преобладании потребителей 1 категории; для сосредоточенной цеховой нагрузки; для цехов с высокой удельной плотностью нагрузок.

Ориентировочный выбор числа и мощности цеховых трансформаторов производится по удельной плотности нагрузки, $\text{кВ}\cdot\text{А}/\text{м}^2$

$$\sigma_n = \frac{S_p}{F},$$

Где S_p – расчётная нагрузка цеха, $\text{кВ}\cdot\text{А}$;
 F – площадь цеха, м^2 .

При $\sigma_n < 0,2$ применяют трансформаторы мощностью до 1000 $\text{кВ}\cdot\text{А}$.

При $0,2 < \sigma_n < 0,3$ применяют трансформаторы мощностью до 1600 $\text{кВ}\cdot\text{А}$.

При $\sigma_n > 0,3$ применяют трансформаторы мощностью 1600-2500 $\text{кВ}\cdot\text{А}$.

Результаты расчётов удельной плотности нагрузки представлены в таблице 2.4

Таблица 2.4

Пункт питания	1	2
σ_n , $\text{кВ}\cdot\text{А}$	0,18	0,22

Минимальное число цеховых трансформаторов для питания технологически связанных нагрузок определяется по формуле, шт.

$$N_{\text{мин}} = \frac{P_p}{K_3 \cdot S_{\text{ном}}} + \Delta N,$$

Где K_3 – коэффициент загрузки трансформатора (при преобладании нагрузок первой категории для двухтрансформаторных ТП $K_3 = 0,65-0,7$; при преобладании нагрузок 2-й категории $K_3 = 0,7-0,8$; при преобладании нагрузок 3-й категории $K_3=0,9$);

ΔN – добавка до ближайшего целого числа

Проведём расчёт для КТП-1

$$N_{\text{мин}} = \frac{1832}{0,8 \cdot 1600} + \Delta N = 1,43 + 0,57 = 2.$$

Проведём расчёт для КТП-2

$$N_{\text{мин}} = \frac{2212,7}{0,8 \cdot 1600} + \Delta N = 1,73 + 0,27 = 2.$$

Результаты выбора цеховых трансформаторов запишем в таблицу 2.5

Таблица 2.5

Номер КТП	Потребители э/э	$P_p, \text{кВт}$	$S_{\text{ном. т}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	K_3	$N_{\text{мнрасч}}$	$N_{\text{мин}}$	$N_{\text{опт}}$
1	3, 4	1832	1600	0,8	1,43	2	2
2	5-10	2212,7	1600	0,8	1,73	2	2

Таблица 2.6

Номинальная мощность, кВА	1600
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	6
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0,4
Электрическая схема на стороне высокого напряжения (ВН)	Тупиковая
Способ установки	Стационарный
Количество трансформаторов	2x1600, 2 трансформатора (2 трансформаторная)
Тип высоковольтного ввода (ВН)	Воздушный, кабельный
Вывод на стороне НН	Воздушный, кабельный
Тип нейтрали трансформатора по низкой стороне (НН)	Глухозаземленная
Нормативные документы	ГОСТ 14695-80, ПЭУ
Тип	2БКТП 1600/6 (2КТП-БМ 1600/6) Блочная станция трансформаторного и комплектного типа
Тип по материалам	Кирпичные, бетонные (в бетонном корпусе), металлические, железные, фундаментные (на фундаменте), нержавеющей, с сэндвич (сендвич) панелями и коридорами обслуживания
Тип устанавливаемых трансформаторов	Масляные, сухие, с защитным кожухом и без

3. Выбор компенсирующих устройств

3.1 Выбор числа и мощности конденсаторных батарей для снижения потерь мощности в трансформаторах

Электрические сети потребляют электроэнергию, которая обычно не является идеальной и содержит в себе несовершенства, такие как реактивную мощность. несовершенства этого типа могут вызывать многие проблемы, в том числе перегрузку и повреждение оборудования, увеличение потребления электроэнергии и другие проблемы.

Компенсирующие устройства используются для устранения этих проблем путем компенсации реактивной мощности и уменьшения нагрузки на сеть. Это может привести к сокращению затрат на электроэнергию и увеличению надежности работы электрических сетей.

Наибольшую реактивную мощность, которую целесообразно передавать через трансформаторы в сеть напряжение до 1 кВ, определяют по формуле, квар.

$$Q_{MAX T} = \sqrt{(N_{OPT} \cdot K_3 \cdot S_{НОМ. T})^2 - (P_{рп} + P_{рцеха})^2}$$

Для КТП1

$$Q_{MAX T} = \sqrt{(2 \cdot 0,8 \cdot 1600)^2 - (1832)^2} = 1788$$

Для КТП2

$$Q_{MAX T} = \sqrt{(2 \cdot 0,8 \cdot 1600)^2 - (2212,7)^2} = 1430$$

Суммарная мощность конденсаторных батарей на напряжение до 1 кВ составит, квар

$$Q_{БКН1} = Q_{рцеха} - Q_{MAX. T}$$

Дополнительная суммарная мощность БК до 1000 В для данной группы трансформаторов $Q_{БК, Н2}$ определяется по формуле:

$$Q_{БК, Н2} = Q_{рцеха} - Q_{НК1} - \gamma \cdot N_{OPT} \cdot S_{НОМ. T}$$

где γ - расчетный коэффициент, зависящий от коэффициента удельных потерь $K_{р1}$, который принимается по [1].

Суммарная мощность НБК цеха составляет, квар

$$Q_{БК} = Q_{БКН1} + Q_{БК, Н2}$$

Результаты выбора низковольтных батарей конденсаторов представлены в таблице 3.1

Таблица 3.1 Выбор мощности низковольтных конденсаторных батарей

Номер КТП	Q_p , квар	$Q_{МАХ.Т}$ квар	$Q_{БК Н1}$ квар	$Q_{БК, Н2}$ квар	$Q_{БК расч}$ квар	$Q_{БК факт}$ квар	Количество и тип НБК
1	1461,3	1788	-326,7	181	181	200	2×УКМ 58-04-100-33,3 У3
2	1467,6	1430	37,6	150	187,6	200	2×УКМ 58-04-100-33,3 У3
Всего	2928,8					400	

4. Расчёт сечения кабельных линий

4.1 Выбор сечения кабельных линий напряжением выше 1000 В.

Расчёт сечения кабельной линии КЛ-1,2 10 кВ питающей КТП-1.

U, кВ	L, км	S, кВА	cosφ	T _{max} , ч	I _∞ , кА	t _{откл} , с
10	0,32	1600	0,92	5200	4,76	0,5

В КТПН-10/04 установлены 2 трансформатора со следующими характеристиками

S _{ном.м} , кВ·А	ΔP _x	ΔP _к	I _x	U _x
1600	1,47	12,2	0,5	6

Определим расчётную нагрузку для одной кабельной линии с учётом потерь в трансформаторах при равной нагрузке.

Рассчитаем потерю мощности для одного трансформатора при полной нагрузке 1600 кВА:

$$\Delta S_m = \sqrt{\Delta P^2 + \Delta Q^2},$$

Где ΔP – потери активной мощности
ΔQ – потери реактивной мощности

Потери активной мощности:

$$\Delta P = \Delta P_x + \Delta P_k \cdot \beta_m^2,$$

Где ΔP_x – потери активной мощности холостого хода;
ΔP_к – активные потери короткого замыкания.

Потери реактивной мощности:

$$\Delta Q = \frac{(I_x \cdot U_k + U_k \cdot \beta_m^2) \cdot S_{ном.м}}{100} \cdot \zeta.$$

где I_x, U_к – ток холостого хода и напряжение короткого замыкания.

Так как расчёт идёт при полной нагрузке β_m = 1

$$\Delta P = 1,47 + 12,2 \cdot 1 = 13,67,$$

$$\Delta Q = \frac{(0,5 + 6 \cdot 1) \cdot 1600}{100} = 104,$$

$$\Delta S_m = \sqrt{13,67^2 + 104^2} = 105 \text{ кВА},$$

Расчётный ток кабельной линии

$$I_p = \frac{2 \cdot (S_{ном.м} + \Delta S_m)}{\sqrt{3} \cdot U}$$

$$I_p = \frac{2 \cdot (1600 + 105)}{\sqrt{3} \cdot 10} = 197 \text{ А}.$$

Определим сечение кабеля по экономической плотности тока приняв, при $T_{max} = 5200$, $j_n = 1,6$

$$F_s = \frac{I_p}{j_n}$$

$$F_s = \frac{197}{1,6} = 123 \text{ мм}^2$$

Выбираем кабель АСБлШв-3х120 с допустимым током при прокладке в земле $I_{дон} = 243 \text{ А}$

Проверяем кабельную линию по условию допустимого нагрева $I_{дон} \geq I_p$, $243 \geq 197$. Условие выполняется.

Проверяем выбранное сечение по нагреву током КЗ, с этой целью определяем тепловой импульс тока по формуле

$$B_k = i \cdot I_{\infty}^2 \cdot t_{отс} \cdot i_s,$$

$$B_k = i \cdot 4760^2 \cdot 0,5 = 11,33 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \text{ с} \cdot i_s.$$

Минимальное сечение жил кабеля по термической стойкости определяем по выражению:

$$F_{мин} = \frac{\sqrt{B_k}}{C},$$

Приняв расчётный коэффициент $C = 90$, $\text{А} \cdot \text{с}^{-1} / \text{мм}^2$

$$F_{мин} = \frac{\sqrt{11,33 \cdot 10^6}}{90} = 37,4 \text{ мм}^2$$

Принятое сечение линий проходит по термической стойкости и токам КЗ.

Потери напряжения в линиях напряжением до 35 кВ определяют по формуле:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (r_{y0} \cdot \cos\varphi + x_{y0} \cdot \sin\varphi), B$$

где r_{y0}, x_{y0} – активное и реактивное удельные сопротивления линий, Ом/км;
 l – длина линии, км;

По абсолютному значению потерь напряжения из-за различного уровня номинальных напряжений трудно судить о допустимости потерь напряжения, поэтому потери напряжения, определенные по формуле (6.21), выражаем в процентах от номинального напряжения по формуле:

$$\Delta U_{ном} \% = \frac{\Delta U}{U_{ном}} \cdot 100 \%$$

Согласно паспортных данных удельное сопротивление кабеля АСБлШВ-3х120:

$$r_{y0} = 0,258 \text{ Ом/км}, x_{y0} = 0,081 \text{ Ом/км}.$$

Проверяем сечение линии по потери напряжения:

$$\Delta U_{ном} \% = \frac{\sqrt{3} \cdot 197 \cdot 0,32 \cdot (0,258 \cdot 0,92 + 0,081 \cdot 0,39)}{10000} \cdot 100 \% = 0,3$$

Потери напряжения незначительные

Так как в КТП-2 стоят аналогичные трансформаторы, все расчётные значения будут аналогичны, проверяем сечение линии КЛ-3,4 по потери напряжения, длина кабельной линии 0,6 км:

$$\Delta U_{ном} \% = \frac{3 \cdot 197 \cdot 0,6 \cdot (0,258 \cdot 0,92 + 0,081 \cdot 0,39)}{10000} \cdot 100 \% = 0,95$$

Потери напряжения незначительные.

Таким образом окончательно к монтажу принимается кабель АСБлШВ-10-3х120.

4.2 Выбор линий электроснабжения 0,38 кВ.

Расчётный ток линии к РУ (РП или шинопроводу) определяется по формуле

$$I_{p.pn} = \frac{S_{p.pn}}{\sqrt{3} \cdot U_{н.pn}}, \quad (2.9)$$

Где S_p – расчётная мощность РП, кВА;
 $U_{н.рп}$ – номинальное напряжение РП, кВ.

Для примера рассчитаем линию КТП-1 – РП 1 КЛ-5:

$$I_{п.рп} = \frac{341,8}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 493$$

Определим сечение кабеля по экономической плотности тока приняв,
при $T_{max} = 5200$, $j_n = 1,6$

$$F_s = \frac{493}{1,6} = 308$$

Выбираем кабель АВВГ 3×150+1×70 с допустимым током при прокладке
в земле $I_{доп.ном} = 290$ А, число параллельных кабелей в линии равно двум.

$$I_{доп} = n_{пар} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot I_{доп.ном}$$

Где $k_1 = 0,9$ – поправочный коэффициент на число рядом положенных
кабелей

$k_2 = 1,13$ – поправочный коэффициент на температуру
окружающей среды.

$n_{пар} = 2$ – число параллельных кабелей в линии, шт.

$$I_{доп} = 2 \cdot 0,9 \cdot 1,13 \cdot 290 = 590$$

Проверяем кабельную линию по условию допустимого нагрева $I_{доп} \geq I_p$,
 $590 \geq 493$. Условие выполняется.

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (r_{уд} \cdot \cos\varphi + x_{уд} \cdot \sin\varphi)}{n_{пар} \cdot U_{ном}} \cdot 100\%$$

где $r_{уд}$, $x_{уд}$ – активное и реактивное удельные сопротивления линий, Ом/км;
 l – длина линии, км;

$n_{пар} = 2$ – число параллельных кабелей в линии, шт.

Для АВВГ 3×150+1×70 $r_{уд} = 0,21$ Ом/км, $x_{уд} = 0,0596$ Ом/км

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 493 \cdot 0,022 \cdot (0,21 \cdot 0,92 + 0,0596 \cdot 0,39)}{2 \cdot 380} \cdot 100\% = 0,53\%$$

Потери напряжения незначительные. Таким образом окончательно к
монтажу принимается кабель АВВГ 3×150+1×70.

Таблица Паспортные характеристики кабеля серии АВВГ

Марка кабеля	$I_{доп. ном}$	$r_{уд}$	$x_{уд}$
АВВГ 3×150+1×70	290	0,21	0,0596
АВВГ 3×120+1×70	253	0,27	0,0602
АВВГ 3×95+1×50	217	0,34	0,0602
АВВГ 3×70+1×35	176	0,46	0,0612

Таблица Расчёт кабельной линии 0,38 кВ.

Потребитель	$S_p, \text{кВ А}$	$I_p, \text{А}$	$F_{эк}, \text{мм}^2$	Марка кабеля	n	$I_{доп}$	l, км	$\Delta U_{ном} \%$
КТП-1 – \dot{z} РП-1								
КЛ-5	341,8	493	308	АВВГ 3×150+1×70	2	590	0,022	0,53
КЛ-6	341,8	493	308	АВВГ 3×150+1×70	2	590	0,022	0,53
КТП-1 – \dot{z} РП-2								
КЛ-7	531	766	479	АВВГ 3×150+1×70	3	885	0,03	0,76
КЛ-8	531	766	479	АВВГ 3×150+1×70	3	885	0,03	0,76
КЛ-9	531	766	479	АВВГ 3×150+1×70	3	885	0,03	0,76
КТП-2 – \dot{z} РП-3								
КЛ-10	278,3	401,7	251	АВВГ 3×95+1×50	2	441	0,01	0,31
КТП-2 – \dot{z} РП-4								
КЛ-11	440	635	396	АВВГ 3×120+1×70	3	771	0,025	0,66
КЛ-12	440	635	396	АВВГ 3×120+1×70	3	771	0,025	0,66
КЛ-13	440	635	396	АВВГ 3×120+1×70	3	771	0,025	0,66
КТП-2 – \dot{z} РП-5								
КЛ-13	530	765	478	АВВГ 3×150+1×70	3	885	0,05	1,26
КТП-2 – \dot{z} РП-6								
КЛ-14	195	281,5	176	АВВГ 3×70+1×35	2	358	0,09	2,6
КТП-2 – \dot{z} РП-7								
КЛ-15	386	557,1	348,2	АВВГ 3×95+1×50	3	662	0,15	4,2

Все кабельные линии прошли проверку по потери напряжения.

5 Расчёт токов КЗ

Расчет токов короткого замыкания (КЗ) является важной задачей в проектировании электрических сетей и позволяет определить максимальный ток, который может протекать при возникновении КЗ в сети. Расчет токов КЗ позволяет определить необходимую величину тока отключения защитного устройства, чтобы обеспечить надежную защиту электрической сети. Кроме того, расчет токов КЗ помогает предотвратить повреждение оборудования и простои в работе электрических сетей.

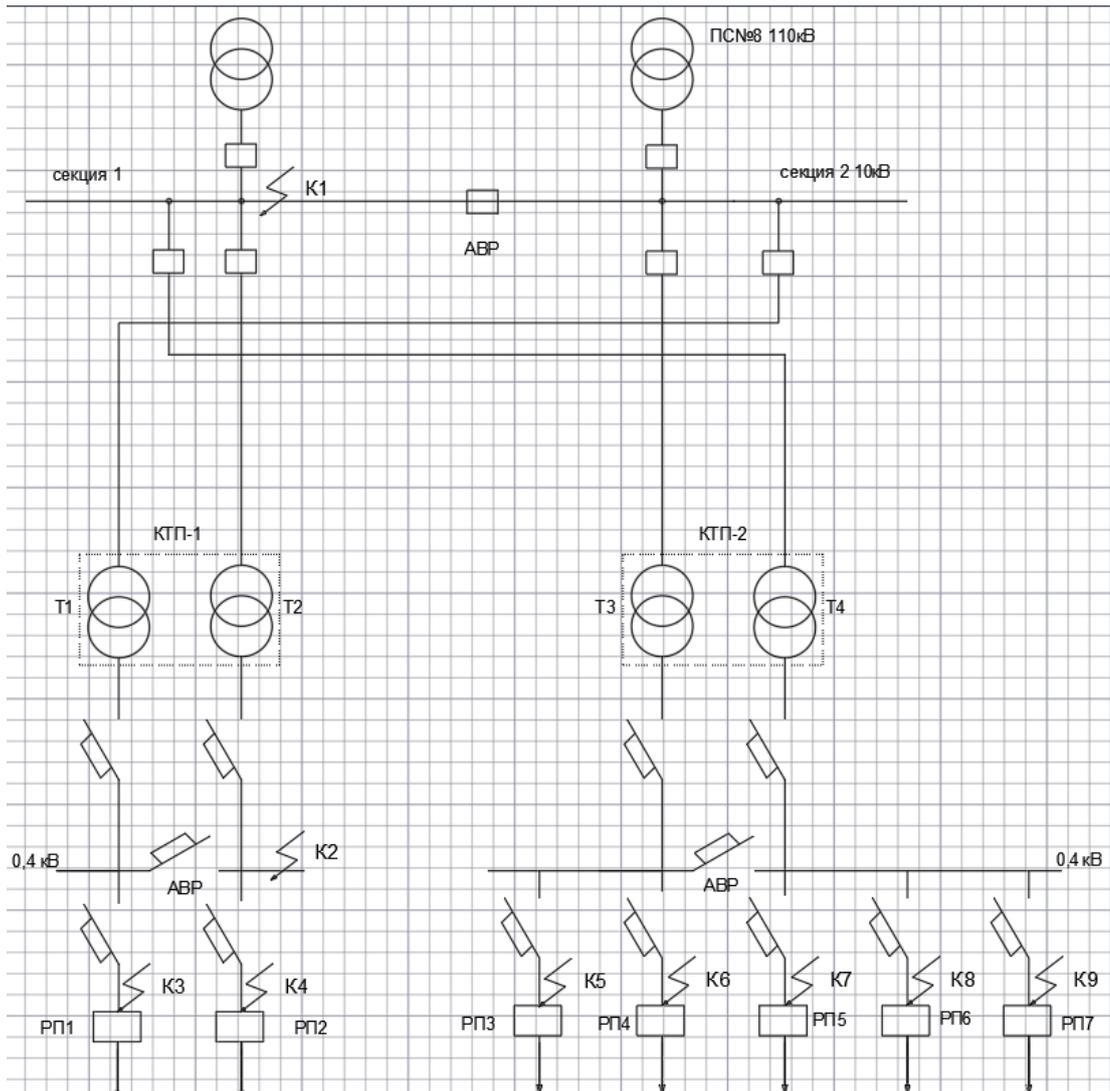


Рисунок 5.1

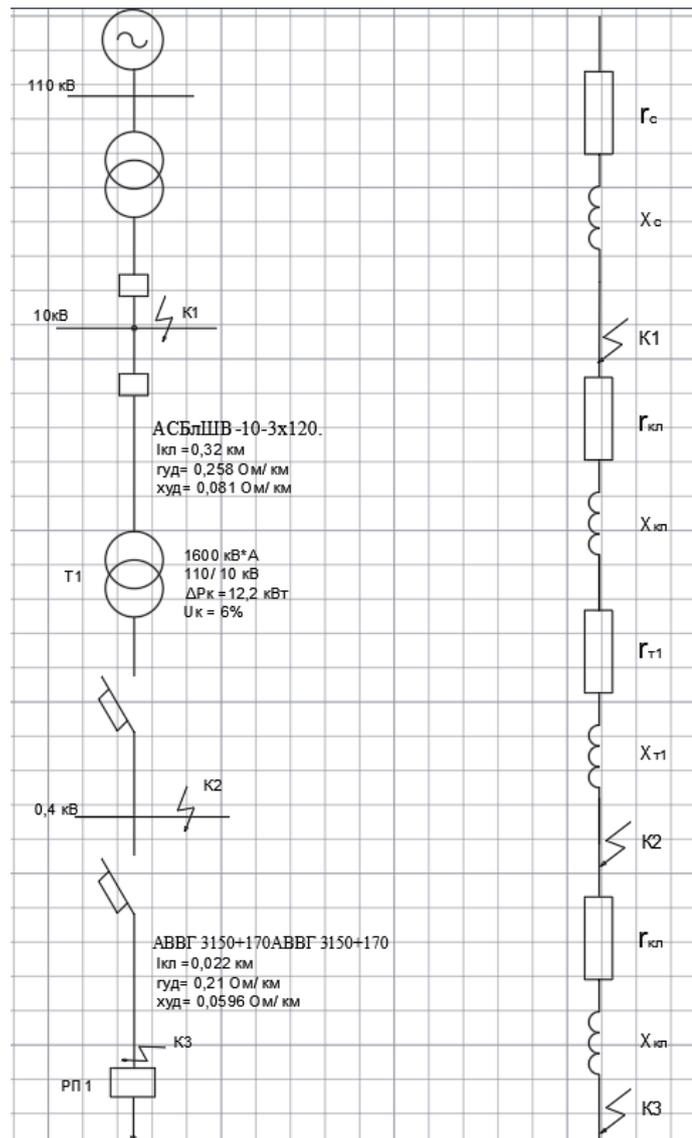


Рисунок 5.1 Схема для расчётов токов КЗ.

На шинах 10 кВ ПС8 $I_{кз} = 4,93$ кА (Точка К1 на схеме).
 Сопротивление системы определяется по формуле:

$$Z_c = \frac{U_{ср.ном}}{I_{кз} \cdot \sqrt{3}}, \quad (5.1)$$

Где Z_c – i сопротивление системы, Ом;
 $U_{ср.ном}$ – i среднее приведённое напряжение, кВ;
 $I_{кз}$ – i ток трёхфазного КЗ на шинах РП8, кА.

$$Z_c = \frac{10,5}{4,93 \cdot \sqrt{3}} = 1,23 \text{ Ом}$$

Приводим сопротивление системы высшего напряжения к напряжению 0,4 кВ.

$$Z_{\Sigma 10н} = Z_c \cdot \left(\frac{U_{ном.НН}}{U_{ном.ВН}} \right)^2, \quad (5.2)$$

$$Z_{\Sigma 10н} = 1230 \cdot \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 = 1,97 \text{ МОм}$$

Определяем сопротивление цехового трансформатора:

$$r_m = \frac{\Delta P_{\kappa} \cdot U_{НОМ}^2}{S_{НОМ.Т}^2}, \quad (5.3)$$

$$r_{m1} = \frac{12,2 \cdot 0,4^2}{1600^2} = 0,76 \text{ МОм}$$

$$x_m = \sqrt{\left(\frac{U_{\kappa} \%}{100} \right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{\kappa}}{S_{ном.т}} \right)^2} \cdot \frac{U_{НОМ}^2}{S_{ном.т}} \cdot 10^6, \quad (5.4)$$

$$x_m = \sqrt{\left(\frac{6}{100} \right)^2 - \left(\frac{12,2}{1600} \right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{1000} \cdot 10^6 = 9,52 \text{ МОм}$$

Рассчитываем ток КЗ в точке К2 на вводе низшего напряжения цеховой ТП.

Суммарное активное сопротивление, кроме сопротивлений элементов системы электроснабжения высшего напряжения и цехового трансформатора, должно учитывать переходные сопротивления контактов. Для этой цели в расчет вводим добавочное сопротивление, которое на шинах подстанции составляет 15 МОм:

$$r_{\Sigma K2} = r_{m1} + r_{доб} = 0,76 + 15 = 15,76 \text{ МОм.}$$

Суммарное реактивное сопротивление равно:

$$x_{\Sigma K2} = x_{m1} = 9,52 \text{ МОм.}$$

Ток КЗ в точке К2 равен:

$$I_{K2} = \frac{V_{\kappa 1}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\kappa 2}} = \frac{V_{\kappa 1}}{\sqrt{3} \cdot (Z_{\Sigma 10н} + \sqrt{r_{\Sigma K2}^2 + x_{\Sigma K2}^2})}$$

$$I_{K2} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot (1,97 + \sqrt{15,76^2 + 9,52^2})} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 20,38} = 11,33 \text{ кА}$$

Ударный ток в точке К2:

$$i_{ук2} = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K2}$$

$$i_{yк2} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 11,33 = 16,02 \text{ кА}$$

Аналогично рассчитываем ток КЗ в других частях цеховой сети. При этом учитываем сопротивления шинпроводов, кабельных линий и переходные сопротивления контактов. Результаты расчётов сведены в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 Результаты расчёта токов КЗ

Точка КЗ	Z, мОм	$I_K, \text{кА}$	$i_y, \text{кА}$
К2	20,38	11,33	16,02
К3	22,78	10,14	14,33
К4	22,56	10,23	14,47
К5	23,83	9,68	13,7
К6	22,68	10,18	14,4
К7	31,29	7,38	10,4
К8	62,14	3,72	5,25
К9	72,17	3,2	4,52

6. Выбор аппаратов защиты

Выбор аппаратов защиты предприятия необходим для обеспечения безопасной и надежной работы электрических систем. Аппараты защиты обеспечивают быстрое и автоматическое отключение электрической системы в случае возникновения непредвиденных событий, таких как короткое замыкание или перегрузка.

Кроме того, аппараты защиты помогают предотвратить повреждение оборудования и снизить вероятность пожара, что может привести к серьезным последствиям для безопасности персонала и имущества предприятия.

При выборе аппаратов защиты необходимо учитывать множество факторов, таких как характеристики сети, типы нагрузки, условия эксплуатации и другие параметры. Важно выбрать подходящие аппараты защиты для каждого элемента системы, таких как выключатели, контакторы, защитные выключатели, автоматические выключатели, предохранители и другие устройства.

Для примера рассчитаем оборудование КТП1. Необходимо выбрать комплектное ГРУНН и распределительные пункты РП1, РП2.

6.1 Выбор комплектного распределительного устройства НН

Главное распределительное устройство (ГРУ) является ключевой составляющей электроснабжения предприятия. Оно предназначено для распределения электроэнергии от электрической подстанции к основным распределительным пунктам (РП) и потребителям на производственном объекте. Выбор ГРУ зависит от многих факторов, таких как мощность потребителей, тип и характеристики электрической сети, требования безопасности, экономические факторы и другие параметры.

Одним из главных факторов, влияющих на выбор ГРУ, является мощность потребителей. Необходимо учитывать суммарную мощность всех потребителей на производственном объекте и выбирать ГРУ с соответствующей мощностью. Также следует учитывать возможность расширения потребления электроэнергии в будущем и выбирать ГРУ с запасом мощности.

Выбору подлежат:

- номинальное напряжение камер;
- номинальный ток сборных шин РУ;
- место установки (внутри помещения, на открытом воздухе);
- исполнение и серия камер (выбираются в зависимости от значений номинального тока на шинах РП и присоединениях, от числа присоединений и сложности схемы первичных соединений камер, места установки);
- принципиальная схема, схема заполнения;
- план расположения камер с указанием основных размеров;
- типы и параметры основного оборудования камер.

Рассчитаем номинальный ток сборных шин РУ. Магистральные и распределительные шинопроводы, применяемые в цеховых сетях для передачи и распределения электроэнергии, выбираются таким образом, чтобы номинальный ток I_n шинопровода был не менее расчетного тока:

$$I_p \leq I_n, \quad (6.1)$$

где I_n – номинальный ток шинопровода, А.

При этом для одного магистрального шинопровода величина I_n определяется по номинальной мощности трансформатора, питающего этот шинопровод.

Магистральный шинопровод запитан от трансформатора с номинальной мощностью $S_{ном} = 1600 \text{ кВА}$.

Магистральный шинопровод выбираем по номинальному току трансформатора из условия:

$$I_{н.ШМА} \geq I_{н.тр} = \frac{S_{ном.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (6.2)$$

$$I_{н.тр} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 2430 \text{ А}$$

Этому условию соответствует магистральный шинопровод с номинальным током $I_{н.ШМА} = 2500 \text{ А}$. $2500 > 2430$, условие выполняется. Аналогично выбираем ШМА для КТП2.

Номинальный ток автомата и его расцепителя выбираем по следующим условиям:

$$I_{ном.а} \geq I_{длит}, \quad (6.3)$$

$$I_{ном.расц.т.} \geq I_{длит}, \quad (6.4)$$

Где $I_{ном.а}$ – номинальный ток АВ;

$I_{ном.расц.т.}$ – номинальный ток теплового расцепителя;

$I_{длит}$ – длительный максимальный рабочий ток линии (расчётный – для группы ЭП, и номинальный для отдельного ЭП)

Рассчитаем автоматический выключатель QF1 и QF2, из прошлого пункта, $I_{длит} = 2430 \text{ А}$

Выбираем автоматический выключатель, имеющий регулируемый полупроводниковый максимальный расцепитель с $I_{ном.а} = 2500 \text{ А}$. Принимаем степень регулирования тока расцепителя равной $1 \cdot I_{ном.а} = 1 \cdot 2500 = 2500 \text{ А}$, что удовлетворяет условию (6,3 и 6,4).

Выбираем комплектное распределительное устройство низкого напряжения с номинальным током 2500А РУНН - Шкаф ГРЩ-Б-2500А(CHINT). Типовой проект со стационарным исполнением автоматических выключателей в литом корпусе на отходящих линиях. Вводные и секционный воздушные автоматические выключатели выдвижного исполнения.

Таблица 6.1 Характеристики

Ввод №1, А	2500
Секционный автомат, А	1600
Ввод №2, А	2500
Высота каркаса, мм	2230
Высота цоколя, мм	100
Глубина установки, мм	630
Степень защиты	IP31
Максимальный расч. ток, А	2500

Схема электрическая принципиальная ГРЩ 2500А с отходящими линиями представлена на рисунке 6.1. Автоматические выключатели QF4-QF8 выбираем по условию (6.3, 6.4). Расчётные токи линий представлены в пункте 3.5. Полученные результаты внесём в таблицу 6.2

Таблица 6.2

Поз.	$I_{\text{длит}}, \text{А}$	$I_{\text{ном. а}}, \text{А}$	$I_{\text{ном.}}, \text{А}$	
QF4, QF5	493	630	500	NM1-630S/3P 500А 35кА
QF6-QF8	766	800	800	NM1-800H/3P 800А 60кА

Список оборудования ГРЩ КТП1 вносим в таблицу 6.3

Аналогично проводим расчёт для КТП-2. Схема электрическая принципиальная предоставлена на рисунке 6.2. Список оборудования ГРЩ КТП2 вносим в таблицу 6.4.

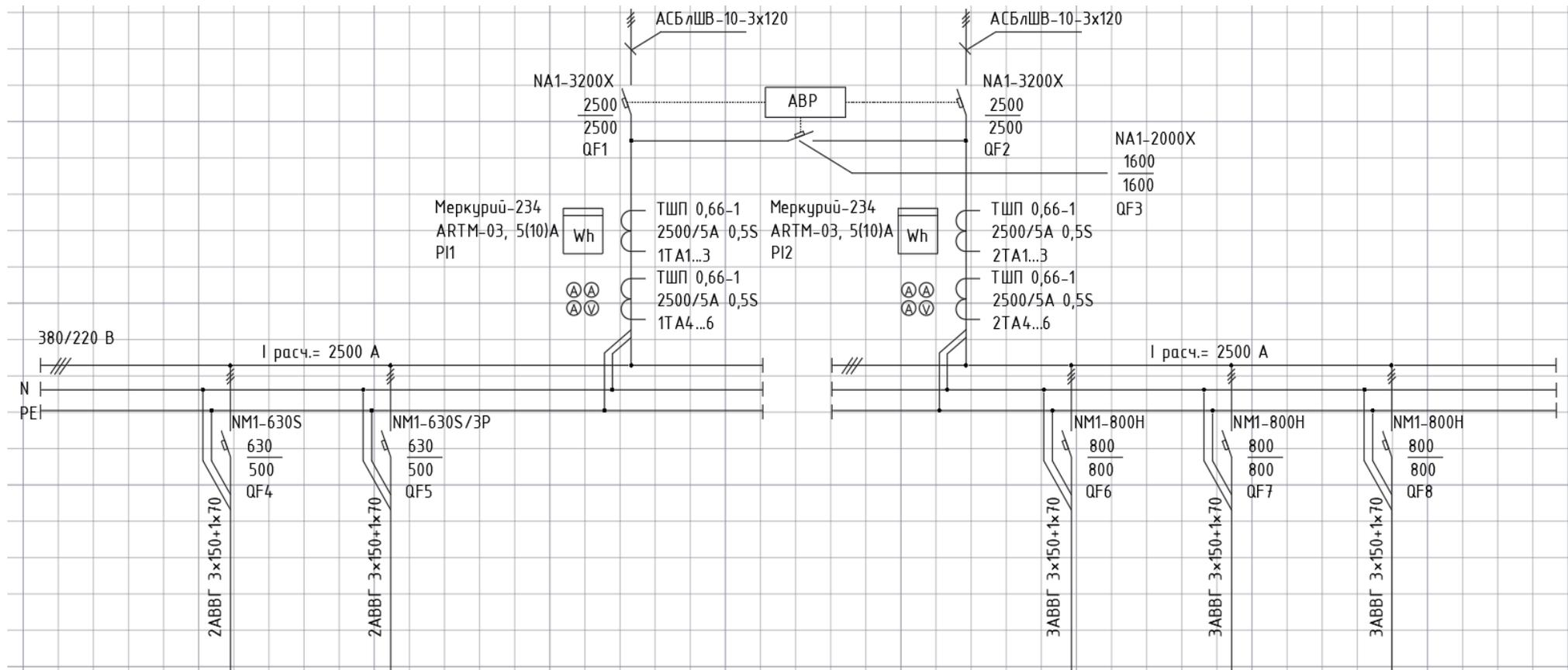


Рисунок 6.1 ГРЩ 2500А с отходящими линиями, схема электрическая принципиальная

Таблица 6.3 Оборудование ГРЩ 2500А КТП-1

Поз.	Наименование и техническая характеристика оборудования и материалов	Тип, марка оборудования	Ед. изм.	Кол-во
QF1, QF2	Воздушный авт. выкл. 3P, выдвиж., 2500А, 80 кА, АС220В тип М	NA1-3200X-2500	шт.	2
QF3	Воздушный авт. выкл. 3P, выдвиж., 1600А, 80 кА, АС220В тип М	NA1-2000X-1600	шт.	1
QF4, QF5	Авт. выкл. с терромагнитным расцеплением 3P 500А 35кА	NM1-630S/3P 500А 35кА	шт.	2
QF6-QF8	Авт. выкл. с терромагнитным расцеплением 3P 800А 60кА	NM1-800H/3P 800А 60кА	шт.	3
1ТА1...1ТА3 1ТА4...1ТА6 2ТА1...2ТА3 2ТА4...2ТА6	Трансформатор тока 0,66кВ, 5ВА, 2500/5А, кл. т. 0.5S	ТШП 0,66-1 2500/5А 0,5S	шт.	12
1РА1-1РА3 2РА1-2РА3	Амперметр (без шкалы) аналоговый на панель (72x72), квадратный вырез, трансф. подкл.	АМА-721	шт.	6
PI1, PI2	Счётчик электроэнергии трехфазный Меркурий 234 ARTM-03, 5(10)А, 3 х 230/400В, 0,5S, 2xRS-485	Меркурий 234 ARTM-03	шт.	2
1PV, 2PV	Вольтметр аналоговый на панель 72x72 (квадратный вырез) 500В, прямое подключение	VM-A721	шт.	2

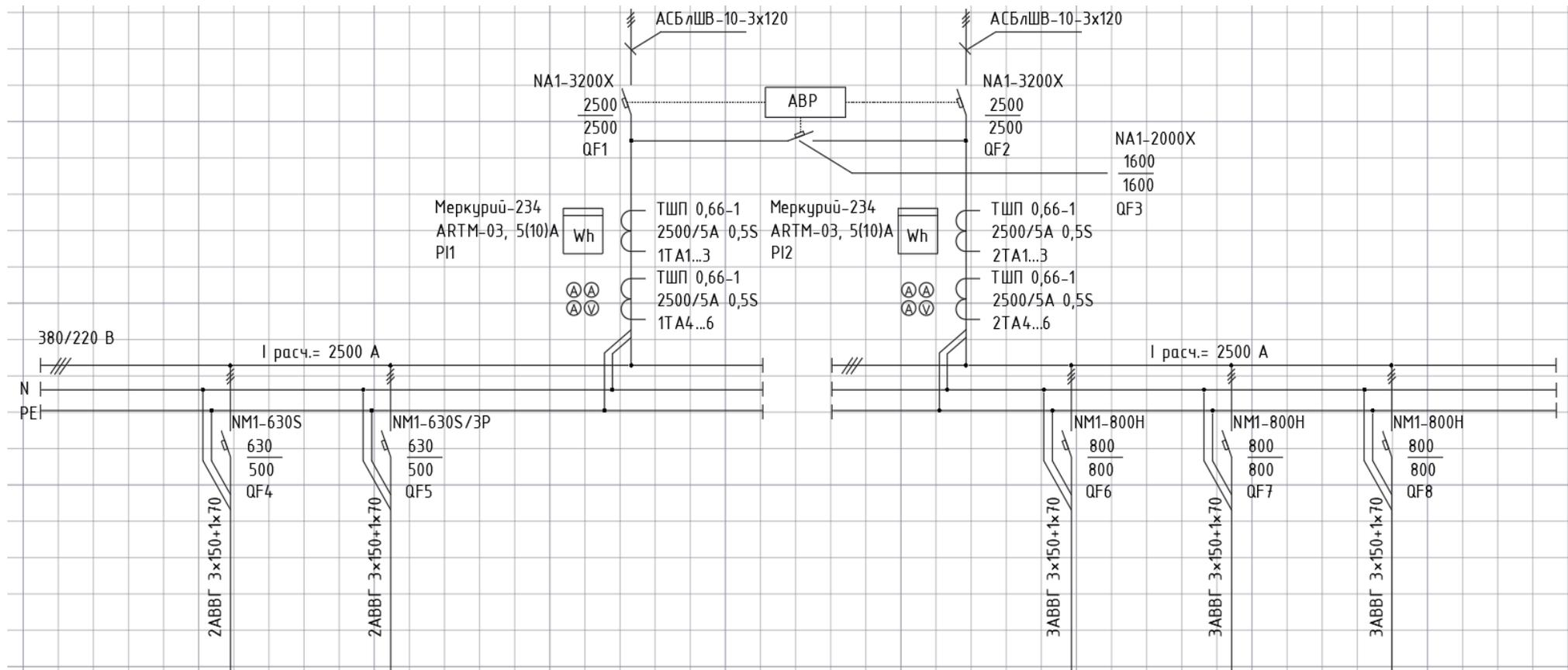


Рисунок 6.1 ГРЩ 2500А с отходящими линиями, схема электрическая принципиальная

Таблица 6.4 Оборудование ГРЩ 2500А КТП-1

Поз.	Наименование и техническая характеристика оборудования и материалов	Тип, марка оборудования	Ед. изм.	Кол-во
QF1, QF2	Воздушный авт. выкл. 3P, выдвиж., 2500А, 80 кА, АС220В тип М	NA1-3200X-2500	шт.	2
QF3	Воздушный авт. выкл. 3P, выдвиж., 1600А, 80 кА, АС220В тип М	NA1-2000X-1600	шт.	1
QF4, QF5	Авт. выкл. с терромагнитным расцеплением 3P 500А 35кА	NM1-630S/3P 500А 35кА	шт.	2
QF6-QF8	Авт. выкл. с терромагнитным расцеплением 3P 800А 60кА	NM1-800H/3P 800А 60кА	шт.	3
1ТА1...1ТА3 1ТА4...1ТА6 2ТА1...2ТА3 2ТА4...2ТА6	Трансформатор тока 0,66кВ, 5ВА, 2500/5А, кл. т. 0.5S	ТШП 0,66-1 2500/5А 0,5S	шт.	12
1РА1-1РА3 2РА1-2РА3	Амперметр (без шкалы) аналоговый на панель (72x72), квадратный вырез, трансф. подкл.	АМА-721	шт.	6
PI1, PI2	Счётчик электроэнергии трехфазный Меркурий 234 ARTM-03, 5(10)А, 3 х 230/400В, 0,5S, 2xRS-485	Меркурий 234 ARTM-03	шт.	2
1PV, 2PV	Вольтметр аналоговый на панель 72x72 (квадратный вырез) 500В, прямое подключение	VM-A721	шт.	2

6.2 Выбор силовых распределительных пунктов

Силовые распределительные пункты (РП) являются важной составляющей электроснабжения промышленных предприятий. Они предназначены для распределения электроэнергии по отдельным потребителям внутри производственного объекта.

Выбор РП зависит от многих факторов, таких как мощность потребителей, тип и характеристики электрической сети, требования безопасности, экономические факторы и другие параметры. Необходимо правильно подобрать СРП, чтобы обеспечить стабильное и безопасное электроснабжение производственного объекта.

Одним из важных факторов, влияющих на выбор РП, является мощность потребителей. Необходимо учитывать суммарную мощность всех потребителей в зоне обслуживания СРП и выбирать пункт с соответствующей мощностью. Также следует учитывать возможность расширения потребления электроэнергии в будущем и выбирать СРП с запасом мощности.

В качестве силовых распределительных пунктов (РП) можно выбирать щиты распределительные, либо типовые РП. Типовые РП комплектуются либо предохранителями (серии ШР11 и ШРС1), либо автоматическими выключателями (серии ПР8501, ПР 8503, ПР24 и др.).

Распределительные пункты выбирают по степени защиты, по номинальному току ввода, по количеству отходящих линий, типу защитного аппарата (с предохранителями или с автоматическими выключателями) и номинальному току аппаратов для присоединений.

Выбор будет производиться по номинальному току ввода. Для РП с номинальным током меньше 630 А к установке принимается пункт распределительный серии ПР11

Основные характеристики распределительного пункта серии ПР11:

1. Номинальное напряжение переменного тока- 660/380 В, частота- 50 Гц.

2. Номинальный ток до 630 А.

3. Степень защиты согласно ГОСТ14254-96

– при открытых дверях: для всех исполнений -IP20;

– при закрытых дверях: для утопленного исполнения -IP21; для напольного и навесного исполнений -IP21 и IP54

4. 10 отходящий линий на номинальный ток от 16 до 250 ампер включительно.

Для РП с номинальным током выше 630 А к установке принимается щит силовой распределительный серии ШРС

Основные характеристики распределительных силовых щитов серии ШРС:

Номинальный ток – до 1000А.

Номинальное напряжение – 400В.

Степень защиты – IP-31 по ГОСТ 14254 96. Возможно увеличение степени защиты до IP66.

Климатическое исполнение – УХЛ 4 по ГОСТ 15150 69.

Список выбранного оборудования и его проверку заносим в таблицу 6.5.

Таблица 6.5 Выбор силовых распределительных пунктов

Потребитель	$S_p, \text{кВА}$	$I_p, \text{А}$	Тип	Ном. ток шкафа, А
КТП-1 – \dot{I} РП-1				
КЛ-5	341,8	493	ПР11-7124-21УХЛ3	630
КЛ-6	341,8	493	ПР11-7124-21УХЛ3	630
КТП-1 – \dot{I} РП-2				
КЛ-7	531	766	ШРС 1000А	1000
КЛ-8	531	766	ШРС 1000А	1000
КЛ-9	531	766	ШРС 1000А	1000
КТП-2 – \dot{I} РП-3				
КЛ-10	278,3	401,7	ПР11-7124-21УХЛ3	630
КТП-2 – \dot{I} РП-4				
КЛ-11	440	635	ШРС 1000А	1000
КЛ-12	440	635	ШРС 1000А	1000
КЛ-13	440	635	ШРС 1000А	1000
КТП-2 – \dot{I} РП-5				
КЛ-13	530	765	ШРС 1000А	1000
КТП-2 – \dot{I} РП-6				
КЛ-14	195	281,5	ПР11А-1108-21У3	400
КТП-2 – \dot{I} РП-7				
КЛ-15	386	557,1	ПР11-7124-21УХЛ3	630