

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Республики Хакасия
«Техникум коммунального хозяйства и сервиса»

Специальность 08.02.09 Монтаж, наладка и эксплуатация
электрооборудования промышленных и гражданских зданий

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

на тему:

«Проектирование электроснабжения термического цеха инструментального
завода»

Выполнил студент 4 курса
группы МЭО-41
Ю.А. Коновалов

подпись студента

Руководитель
Д.В. Степанова

подпись руководителя

Абакан, 2023г.

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Республики Хакасия
«Техникум коммунального хозяйства и сервиса»

Утверждена:
Заместитель директора по УПР
Евтушенко Е.Г. _____
« ____ » _____ 20__ г

**ЗАДАНИЕ
НА ДИПЛОМУЮ РАБОТУ СТУДЕНТА**

по специальности: 08.02.09 Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования
промышленных и гражданских зданий

Коновалов Юрий Александрович

(фамилия, имя, отчество полностью)

Тема работы: «Проектирование электроснабжения термического цеха инструментального
завода»

утверждена приказом от « ____ » _____ 20__ г. № _____
дата

Срок представления работы к защите «10» июня 2023 г.

1. Исходные данные к работе: Ген.план проектируемого объекта; ведомость электрических нагрузок
2. Вопросы, подлежащие разработке:
 - 1 Общие сведения о предприятии.
 - 2 Определение ЦЭН для ТП
 - 3 Расчет освещения
 - 3.1 Светотехнический расчет рабочего электрического освещения
 - 3.2 Расчет мощности осветительной нагрузки
 - 3.3 Электротехнический расчет электрического освещения. Выбор щитов освещения, кабелей и защитной аппаратуры
 - 4 Проектирование электроснабжения объекта
 - 4.1 Расчет электрических нагрузок первичных групп электроприемников
 - 4.2 Расчет электрических нагрузок узлов электрической сети и всего цеха
 - 4.3 Расчет электрических нагрузок для узлов питания
 - 4.4 Распределение силовой нагрузки на секциях шин РУ НН.
 - 4.5 Выбор силовых распределительных пунктов
 - 4.6 Выбор защитных аппаратов для силовых распределительных пунктов
 - 4.7 Расчет защитных аппаратов электрических приемников и электрических сетей
 - 4.8 Выбор сечений проводов и жил кабелей
 - 4.9 Расчет потерь активной и реактивной мощности и потерь напряжения в цеховой распределительной сети
 - 4.10 Выбор единичных мощностей и количества трансформаторов цеховых ТП и ВРУ
 - 4.11 Определение результирующих нагрузок трансформаторной подстанции
 - 4.12 Определение сечения линий связи цеха с источником питания
 - 4.13 Выбор высоковольтного выключателя для линий связи цеха с источником питания
 - 5 Проверка элементов сети
 - 5.1 Расчет токов трехфазного короткого замыкания на напряжение 10кВ.
 - 5.2 Расчет токов трехфазного короткого замыкания на напряжение до 1кВ.
 - 5.3 Проверка оборудования выше 1 кВ на отключающую способность
 - 5.4 Проверка оборудования ниже 1 кВ на отключающую способность

- 6 Вопросы электробезопасности
- 6.1 Основные понятия и определения
- 6.2 Основные мероприятия
- 6.3 Защитные средства
- 7 Специальный вопрос

3. Перечень обязательных листов графической части:

- 1. План проектируемого объекта с разводкой силовой и осветительной сети;
- 2. Однолинейная электрическая схема сети;

Руководитель дипломного проекта	_____	25.10.2022 г.	_____
	подпись		инициалы, фамилия
Студент	_____	25.10.2022 г.	_____
	подпись		инициалы, фамилия

ОТЗЫВ
на дипломную работу

РЕЦЕНЗИЯ
на дипломную работу

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. Общие сведения о предприятии и его потребителях.....	8
2. Определение центра электрических нагрузок и местоположения ТП. Построение картограммы нагрузок.....	14
3 Светотехнический расчет электрического освещения.....	26
3.1 Расчет рабочего освещения.....	26
3.2 Расчет мощности осветительной нагрузки.....	30
3.3 Электротехнический расчет освещения. Выбор щитов освещения, кабелей и защитной аппаратуры.....	32
3.3.1 Расчет рабочего освещения.....	34
4. Проектирование электроснабжения объекта.....	38
4.1. Расчет электрических нагрузок первичных групп электроприемников.....	38
4.2. Разработка схемы питания силовых электроприемников цеха.....	41
4.3. Расчет электрических нагрузок узлов электрической сети и всего цеха.....	42
4.4. Выбор сетевых электротехнических устройств (ШР, ШРА, ШМА).....	49
4.5. Расчет защитных аппаратов электрических устройств, приемников и электрических сетей.....	50
4.6. Выбор сечений проводов и жил кабелей.....	56
4.7. Расчет потерь активной и реактивной мощности и потерь напряжения в цеховой распределительной сети.....	59
4.8. Выбор единичных мощностей и количества трансформаторов цеховых ТП и ВРУ.....	63
4.9. Определение результирующих нагрузок трансформаторной подстанции.....	67
4.10. Определение сечения линий связи цеха с источником питания.....	70
4.11. Выбор высоковольтного выключателя для линий связи цеха с источником питания.....	73
5. Проверка элементов цеховой сети.....	75
5.1. Расчет токов трехфазного короткого замыкания.....	75
5.1.1 Расчет токов короткого замыкания на напряжение 10кВ.....	80
5.1.2 Расчет токов короткого замыкания на напряжение до 1кВ.....	83
5.2 Проверка элементов цеховой сети.....	87
5.2.1 Проверка оборудования выше 1 кВ на отключающую способность.....	87
5.2.2 Проверка оборудования ниже 1 кВ на отключающую способность.....	88
6. Вопросы электробезопасности.....	89
6.1. Основные понятия и определения.....	89
6.2. Основные технические и организационные мероприятия по безопасному проведению работ в действующих электроустановках.....	91
6.3. Защитные средства.....	92
7. Специальный вопрос: Электродпечь.....	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	98
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	99

						ДП-08.02.09 ПЗ				
Изм.	Кол.уч	№ докум.	Подпись	Дата		Ли	Лист	Листов		
Разраб.		Коновалов Ю.А.								
Провер.		Степанова			Проектирование	у	6	99		
Н. Контр.					электроснабжения цеха					
					термического завода					
					инструментального					
							МЭО-41			

ВВЕДЕНИЕ

Электрооборудование нельзя рассматривать отдельно от конструктивных особенностей того или иного цеха, поэтому специалисты в области электрооборудования промышленных предприятий должны быть хорошо знакомы как с электрической частью, так и с основами технологических процессов, а значит и применяемым в них оборудованием.

Поэтому в современной технологии и оборудовании промышленных предприятий велика роль электрооборудования, т.е. совокупности электрических машин, аппаратов, приборов и устройства, посредством которых производится преобразование электрической энергии в другие виды энергии и обеспечивается автоматизация технологических процессов.

Электрооборудование промышленных предприятий и установок проектируется, монтируется и эксплуатируется в соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ) и другими руководящими документами.

Электроснабжение – это непрерывная работа и совокупность взаимосвязанных электроустановок, предназначенных для производства, передачи и распределения электроэнергии потребителю.

Задачи электроснабжения:

1. Надежность, которая зависит от правильности выбора схем оборудования и защиты по категориям ЭП.

2. Качество обеспечивает нормирование колебаний напряжения и частоты.

3. Экономичность – это потребление электроэнергии с нормально работающим оборудованием, т.е. с наибольшей отдачей.

Задачи электроснабжения не должны осуществляться, если не приняты все необходимые меры по ОТ, т. к. не соблюдение правил приводит к несчастным случаям, травмам и увечьям, а ошибки электроснабжения могут привести к неблагоприятным воздействиям на экологию окружающей среды.

Важной технической задачей, в дипломной работе – необходимость в решении задач проектирования электроснабжения, которыми являются выбор напряжения силовой и осветительной сети. От правильности выбора будут зависеть потери напряжения, электроэнергии и многие другие факторы. Выбор напряжения основывается на сравнении технико-экономических показателей различных вариантов. При выборе напряжения для питания силовых и осветительных потребителей следует отдавать предпочтение варианту с более высоким напряжением, так как чем больше величина U , тем меньше ток в проводах, тем меньше сечение, меньше потери мощности и энергии.

					ЛП-08.02.09 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

1. Общие сведения о предприятии и его потребителях.

Характеристика предприятия:

В дипломной работе рассматривается проектирование электроснабжения цеха термического завода инструментального

Геометрические параметры цеха, согласно генплану, $A \times B \times H = 36 \times 24 \times 10$ (м). Площадь цеха равна 864 (м²).

Питание цеха осуществляется от ГПП 10кВ, на расстоянии 3,5 км, через цеховой трансформатор. В цехе имеется оборудование 1 и 2 категории электроснабжения, согласно ПУЭ.

Расположение оборудования цеха представлено на генплане цеха, рисунок 1.1, а сам перечень оборудования указан в ведомости электрических нагрузок, с учетом типа нагрузки и ПВ, таблица 1.1. Все электроприемники работают на переменном токе промышленной частоты 50 Гц.

Таблица 1.1 — Ведомость электрических нагрузок цеха

№ по ген.плану	Наименование оборудования	Установленная мощность, кВт	Примечание
1	2	3	4
1,2	Галтовочный барабан	4,0	
3,4	Пресс кривошипный холодного выдавливания	30,0	
5,6	Пресс чеканочный	22,5	
7	Автомат многопозиционный	10,0	
8,9,45	Обдирочно-шлифовальный станок	2,2	
10	Автомат резьбонакатный	30+2,2+1,1	
11-16,19,26,31-35	Пресс кривошипный	4,0	ПВ=70%
17,22,24,25	Пресс фрикционный	5,5	
18,19,30	Печь сопротивления	20	
20,21	Пресс кривошипный	7,5	
23,41,42	Электропечь камерная, 16000°С	45	
38,39,43,44	Электропечь-ванна, 850°С	20	
46	Твердомер шариковый	0,8	
47,49	Электропечь	15	
48,51	Вентилятор	5,5	
27,28	Механические ножницы	10	
36	Отрезной полуавтомат	4+1,5+0,4	
37,40	Шахтная электропечь	40	

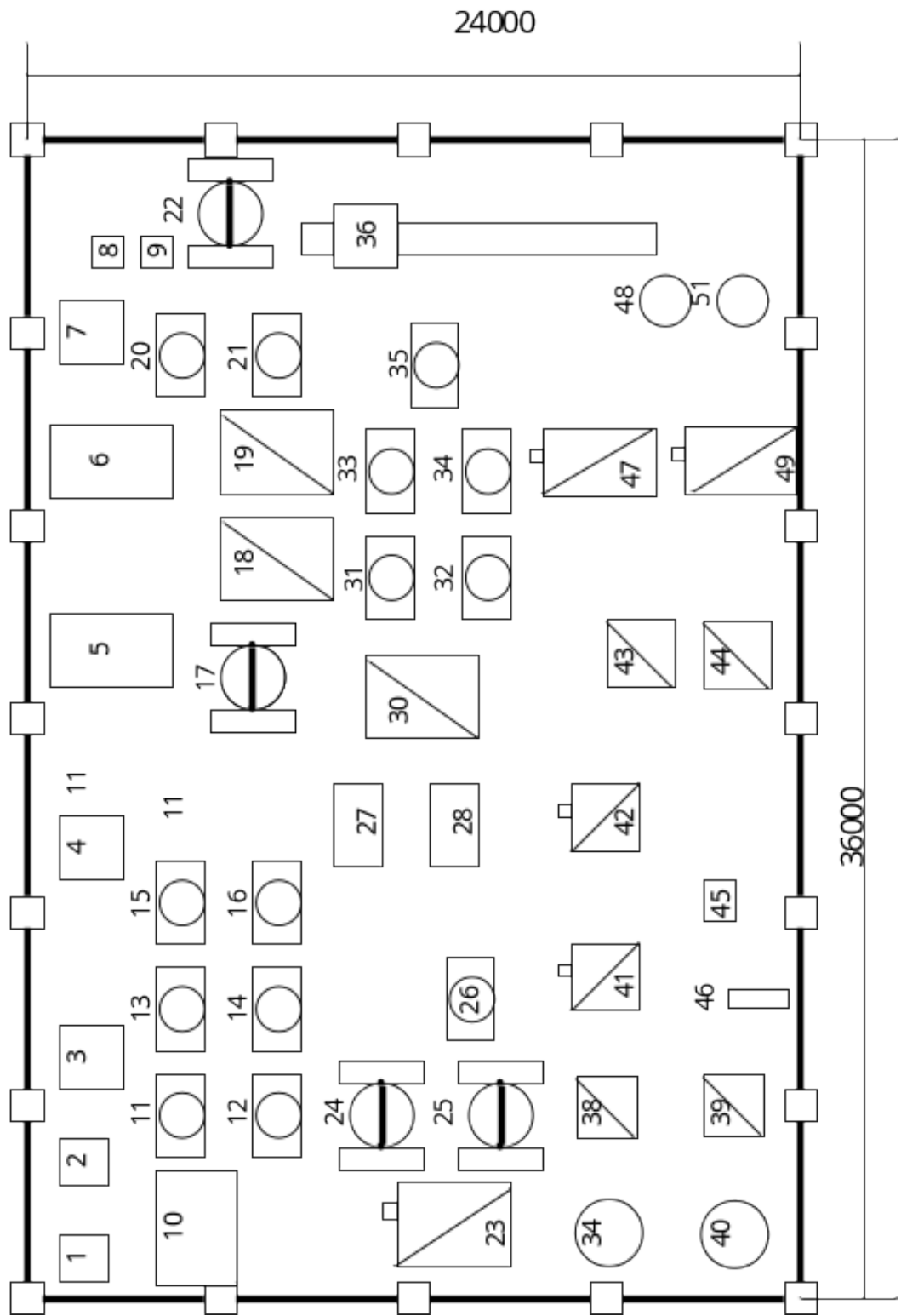


Рисунок 1.1 – Генплан термического цеха инструментального завода

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

ЛП-08.02.09 ПЗ

операции, требующиеся в производственных целях или для научно-исследовательской работы.

14. Промышленные вентиляторы предназначены для обеспечения стабильного воздухообмена на производственных предприятиях.

15. Механические ножницы — используются для вырезания отверстий, а также для получения вырезов разных форм.

16. Отрезной полуавтомат служит для подачи электродной проволоки в зону горения дуги.

17. Шахтная печь — вид металлургических печей, предназначенных для плавки и обжига кусковых материалов, а также для термической обработки металлических изделий. Она применяется в цветной и чёрной металлургии для выплавки чугуна (вагранка), железа (доменный процесс) и других металлов.

Все технические параметры электрооборудования цеха представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 — Характеристика электроприемников цеха

№ по плану	Наименование ЭП	Кол-во	$P_{ном}$, кВт	$\sum P_{ном}$, кВт	ПВ, %	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	K_u
1,2	Галтовочный барабан	2	4,75	9,5	100	0,65	1,17	0,2
3,4	Пресс кривошипный холодного выдавливания	2	32,82	65,64	100	0,65	1,17	0,24
5,6	Пресс чеканочный	2	24,62	49,24	100	0,65	1,17	0,24
7	Автомат многопозиционный	1	11,31	11,31	100	0,7	1,02	0,4
8,9,45	Обдирочно-шлифовальный станок	3	2,72	8,16	100	0,65	1,17	0,24
10	Автомат резьбонакатный	1	33,3	36,2	100	0,6	1,33	0,16
11-16,19,26,31-35	Пресс кривошипный ПВ-70%	13	4,76	61,88	70	0,65	1,17	0,24
17,22,24,25	Пресс фрикционный	4	6,42	25,68	100	0,65	1,17	0,24
18,19,29,30	Печь сопротивления	4	20	80	100	0,95	0,33	0,75
20,21	Пресс кривошипный	2	8,62	17,24	100	0,65	1,17	0,24
23,41,42	Электропечь камерная, 16000°C	3	45	135	100	1	0	0,8
38,39,43,44	Электропечь-ванна, 850°C	4	20	80	100	1	0	0,8
46	Твердомер шариковый	1	1,23	1,23	100	0,65	1,17	0,24
47,49	Электропечь	2	15	30	100	1	0	0,8
48,51	Вентилятор	2	6,42	12,84	100	0,8	0,75	0,7
27,28	Механические ножницы	2	11,31	22,62	100	0,65	1,17	0,24
36	Отрезной полуавтомат	1	25,17	25,17	100	0,6	1,33	0,4
37,40	Шахтная электропечь	2	40	80	100	1	0	0,8
Итого		51	—	751,71	—	—	—	—

Номинальное напряжение электрической системы влияет на ее технико-экономические показатели. Для рационального выбора напряжения внешнего электроснабжения предприятия предварительно следует рассчитать нестандартное напряжение сети. Учтем, что расстояние от источника питания до цеха не превышает 250 км, а суммарная активная мощность электроприемников цеха не превышает 60МВт. Поэтому расчет напряжения будем вести на основе статистических данных, по формуле Стилла.

$$U = 4,34 \sqrt{l + \frac{16P}{n}}, (\text{кВ}) \quad (1.1)$$

где U – нестандартное напряжение системы (кВ);

P – активная суммарная мощность электроприемников цеха (МВт);

n – количество линий, $n=2$;

l – длина линии до источника питания (км).

$$U = 4,34 \sqrt{3,5 + \frac{16 \cdot 0,751}{2}} = 13,38 (\text{кВ})$$

Принимаем стандартное значение номинального напряжения, равное 10 кВ, так как оно ближе, чем 35кВ: так же рядом проходит линия 10кВ. На трансформаторные подстанции установим трансформаторы напряжением 10/0,4 кВ. Выбираем напряжение для питания цеховой электрической сети – 380 В, так как все оборудование рассчитано на данное напряжение.

Род тока источников питания цеховой электрической сети – переменный, частота сети – 50 Гц.

Отметим, что масштаб для активной и реактивной мощностей будет одинаковым.

Определим радиусы распространения активной и реактивной мощностей электроприемников (2.3) и (2.4).

$$r_{i(P)} = \sqrt{\frac{P_{номi}}{\pi m}}, (см) \quad (2.3)$$

$$r_{i(Q)} = \sqrt{\frac{Q_{номi}}{\pi m}}, (см) \quad (2.4)$$

где $r_{i(P)}$ – радиус распространения активной мощности (см);

$r_{i(Q)}$ – радиус распространения реактивной мощности (см);

m – масштаб нагрузок $m = 4,35 \left(\frac{кВт}{см^2} \right)$ или $\left(\frac{кВар}{см^2} \right)$;

$P_{номi}$ – номинальная активная мощность i -го электроприемника (кВт);

$Q_{номi}$ – номинальная реактивная мощность i -го электроприемника (кВар)

Произведем расчет для электроприемника №1, результаты вычисления сведем в таблицу 2.1

$$r_{i(P)} = \sqrt{\frac{4,75}{4,35\pi}} = 2,57 (см)$$

$$r_{i(Q)} = \sqrt{\frac{5,56}{4,35\pi}} = 2,78 (см)$$

Дальнейший расчет для оставшихся электроприемников идет аналогично, результаты расчетов представлены в таблице 2.1. Распространение нагрузки представим на рисунке 2.1.

Таблица 2.1 — Координаты электроприемников цеха

№ ЭП	М, м/см	Х, м	У, м	Р _{ном} , кВт	Q _{ном} , кВар	cos φ	t g φ	m	r _{i(P)} , см	r _{i(Q)} , см
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1:2	1,35	23,85	4,75	5,56	0,65	1,17	4,35	2,57	2,78
2	1:2	4,35	23,85	4,75	5,56	0,65	1,17	4,35	2,57	2,78

3	1:2	7,6	24,15	32,28	37,77	0,65	1,17	4,35	6,69	7,23
4	1:2	16,1	24,15	32,28	37,77	0,65	1,17	4,35	6,69	7,23
5	1:2	20,25	25,3	24,62	28,81	0,65	1,17	4,35	5,84	6,32
6	1:2	28,2	25,3	24,62	28,81	0,65	1,17	4,35	5,84	6,32
7	1:2	32,1	24,1	11,31	11,54	0,7	1,02	4,35	3,96	4
8	1:2	33,6	22,6	2,72	3,18	0,65	1,17	4,35	1,94	2,1
9	1:2	33,6	21,1	2,72	3,18	0,65	1,17	4,35	1,94	2,1
10	1:2	5,9	22,6	33,3	44,29	0,6	1,33	4,35	6,79	7,83
11	1:2	8,4	21,6	4,76	5,57	0,65	1,17	4,35	2,57	2,78
12	1:2	8,4	18,05	4,76	5,57	0,65	1,17	4,35	2,57	2,78
13	1:2	11,7	21,6	4,76	5,57	0,65	1,17	4,35	2,57	2,78
14	1:2	11,7	17,85	4,76	5,57	0,65	1,17	4,35	2,57	2,78
15	1:2	15	21,6	4,76	5,57	0,65	1,17	4,35	2,57	2,78
16	1:2	15	21,6	4,76	5,57	0,65	1,17	4,35	2,57	2,78
17	1:2	22,8	19,7	6,42	7,51	0,65	1,17	4,35	2,98	3,23
18	1:2	25,7	19,85	20	23,4	0,65	1,17	4,35	5,26	5,69
19	1:2	29	19,85	20	23,4	0,65	1,17	4,35	5,26	5,69
20	1:2	32	19,45	8,62	10,09	0,65	1,17	4,35	3,46	3,74
21	1:2	32	17,85	8,62	10,09	0,65	1,17	4,35	3,46	3,74
22	1:2	37,2	20,4	6,42	7,51	0,65	1,17	4,35	2,98	3,23
23	1:2	5	15,1	45	0	1	0	4,35	7,9	0
24	1:2	9,2	15,7	6,42	7,51	0,65	1,17	4,35	2,98	3,23
25	1:2	9,2	12	6,42	7,51	0,65	1,17	4,35	2,98	3,23
26	1:2	11,85	12	4,76	5,57	0,65	1,17	4,35	2,57	2,78
27	1:2	17,4	15,35	11,31	13,23	0,65	1,17	4,35	3,96	4,28
28	1:2	17,4	12,35	11,31	13,23	0,65	1,17	4,35	3,96	4,28
29	1:2	20,5	11,65	20	6,6	0,95	0,33	4,35	5,26	3,02
30	1:2	21,4	15,35	20	6,6	0,95	0,33	4,35	5,26	3,02
31	1:2	25,15	14,3	4,76	1,57	0,95	0,33	4,35	2,57	1,47
32	1:2	25,15	11,35	4,76	1,57	0,95	0,33	4,35	2,57	1,47
33	1:2	28,4	14,3	4,76	1,57	0,95	0,33	4,35	2,57	1,47
34	1:2	28,4	11,35	4,76	1,57	0,95	0,33	4,35	2,57	1,47
35	1:2	31,7	12,95	4,76	1,57	0,95	0,33	4,35	2,57	1,47
36	1:2	35,1	21,1	25,17	33,48	0,6	1,33	4,35	5,91	6,81
37	1:2	32,1	9,75	40	0	1	0	4,35	7,44	0
38	1:2	7,95	8,1	20	0	1	0	4,35	5,26	0
39	1:2	7,95	4,05	20	0	1	0	4,35	5,26	0
40	1:2	28,4	4,25	40	0	1	0	4,35	7,44	0
41	1:2	12,15	8,85	45	0	1	0	4,35	7,9	0

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
42	1:2	17,15	8,85	45	0	1	0	4,35	7,9	0
43	1:2	23,25	7,15	20	0	1	0	4,35	5,26	0
44	1:2	23,25	4,15	20	0	1	0	4,35	5,26	0
45	1:2	13,75	3,6	2,72	3,18	0,65	1,17	4,35	1,94	2,1
46	1:2	10	3,35	1,23	1,44	0,65	1,17	4,35	1,31	1,41
47	1:2	16,15	10,45	15	0	1	0	4,35	4,56	0

48	1:2	32,7	5,9	6,42	4,82	0,8	0,75	4,35	2,98	2,58
49	1:2	16,15	6,05	15	0	1	0	4,35	4,56	0
50	1:2	16,15	2,75	25,17	33,48	0,6	1,33	4,35	5,91	6,81
51	1:2	16,15	2,75	6,42	4,82	0,8	0,75	4,35	2,98	2,58

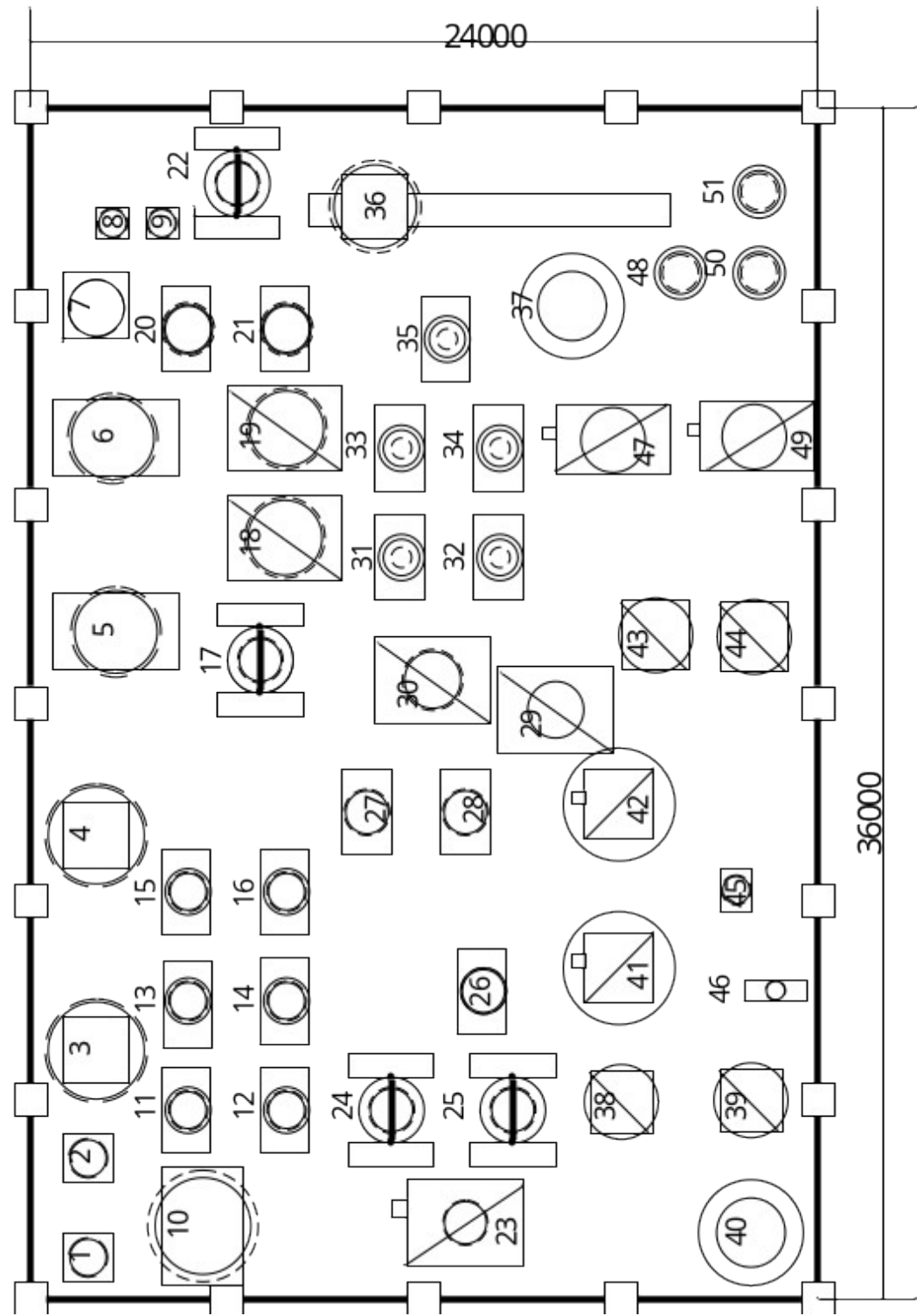


Рисунок 2.1 – Распространение мощностей цеха

Для определения оптимального места для расположения ТП необходима найти центр электрических нагрузок (ЦЭН) цеха. Для это необходимо произвести группировку электрооборудования по силовым пунктам, а затем найти их координаты. Группировку электрооборудования представим в таблице 2.2 и на рисунке 2.2.

Таблица 2.2. – Группировка электрооборудования на СП.

№ СП	Перечень ЭП на СП
1	2
1	1-4,10
2	5-9
3	11-16
4	17,24-28
5	20-22
6	31-35
7	36,48,50-51
8	45-46
РУНН	18-19,23,29-30,37-44,47,49

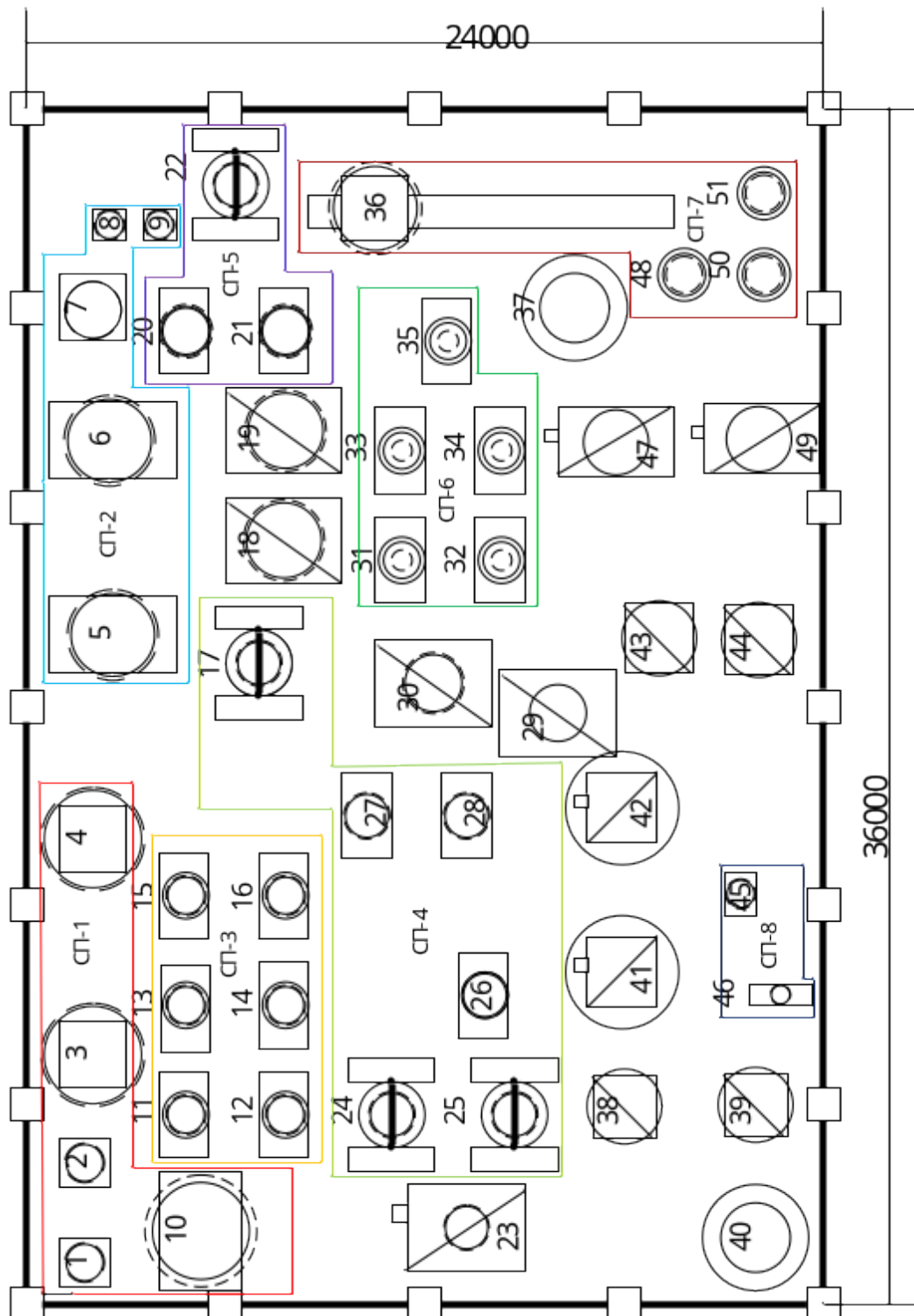


Рисунок 2.2 – Группировка ЭП на СП

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

ЛП-08.02.09 ПЗ

Так как $\cos \varphi_{ср.в} = 0,63$ нагрузка СП№1 имеет реактивный характер, то основными координатами будут являться координаты по реактивной мощности.

Таблица 2.3 – Определение координат силовых пунктов.

СП	X(P)	Y(P)	X(Q)	Y(Q)	cosφ	ΣPX	ΣPY	ΣQX	ΣQY	ΣPcos	ΣP	ΣQ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	9,21	23,64	9,07	23,6	0,63	988,58	2538,28	1188,16	3090,47	68,12	107,36	130,95
2	26,35	24,81	26,22	24,83	0,66	1738,67	1637,21	1979,97	1874,86	43,46	65,99	75,52
3	11,7	20,38	11,7	20,38	0,65	334,14	582,17	391,02	681,2	18,54	28,56	33,42
4	15,32	14,47	15,32	14,47	0,65	714,49	674,71	835,81	789,29	30,3	46,64	54,56
5	33,41	19,13	33,41	19,12	0,65	790,5	452,5	925,13	529,56	15,37	23,66	27,69
6	27,76	12,85	27,76	12,85	0,95	660,67	305,84	217,93	100,87	22,6	23,8	7,85
7	25,38	10,38	25,47	10,97	0,64	1603,58	655,85	1951,3	840,2	40,48	63,18	76,6
8	12,58	3,52	12,58	3,52	0,65	49,7	13,91	58,13	16,27	2,57	3,95	4,62

Учтем, что порой расположение СП согласно координатам ЦЭН невозможно по ряду причин, независящих от расчетов. Поэтому произведем уточнение координат для СП, согласно таблице 2.4. Все переносы представим на рисунке 2.3.

Таблица 2.4. – Уточнение месторасположения СП

СП	X _{расч} , м	Y _{расч} , м	Пояснение к переносу	X _{факт} , м	Y _{факт} , м
1	2	3	4	5	6
1	9,07	23,6	координата удовлетворяет месту положения	9,07	23,6
2	26,22	24,83	координата вышла за цех	28	23,6
3	11,7	20,38	координата удовлетворяет месту положения	11,7	20,38
4	15,32	14,47	смещаю влево т.к координата на ЭП	10,4	14,4
5	33,41	19,12	координата удовлетворяет месту положения	33,41	19,12
6	27,76	12,85	координата удовлетворяет месту положения	27,76	12,85
7	25,47	10,97	смещаю вправо вниз как неудобное месторасположение сп	34,8	4,4
8	12,58	3,52	координата удовлетворяет месту положения	12,58	3,52

$$\cos \varphi_{\text{ср.в}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном}i} \cos \varphi_i}{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном}i}}, (o. e.) \quad (2.14)$$

где $\cos \varphi_{\text{ср.в}}$ – средневзвешенный коэффициент активной мощности;
 $\cos \varphi_i$ – коэффициент активной мощности i -го электроприемника;
 $P_{\text{ном}i}$ – номинальная активная мощность i -го электроприемника (кВт);
Тогда, в соответствии с формулой (6.9), средневзвешенный коэффициент будет принимать следующее значение:

$$\cos \varphi_{\text{ср.в}} = 0,82 (o. e.)$$

Поскольку значение коэффициента мощности близко к значениям активной нагрузки, то цех является потребителем активной мощности, следовательно, за центр электрических нагрузок будем принимать ЦЭН(Р). Сооружение цеховой трансформаторной подстанции в ЦЭН недопустимо из-за невозможности расположить ее рядом с технологическим оборудованием по причине отсутствия места. В таком случае целесообразно пристроенное исполнение ТП, со смещением ЦЭН по оси Y, в сторону источника питания.

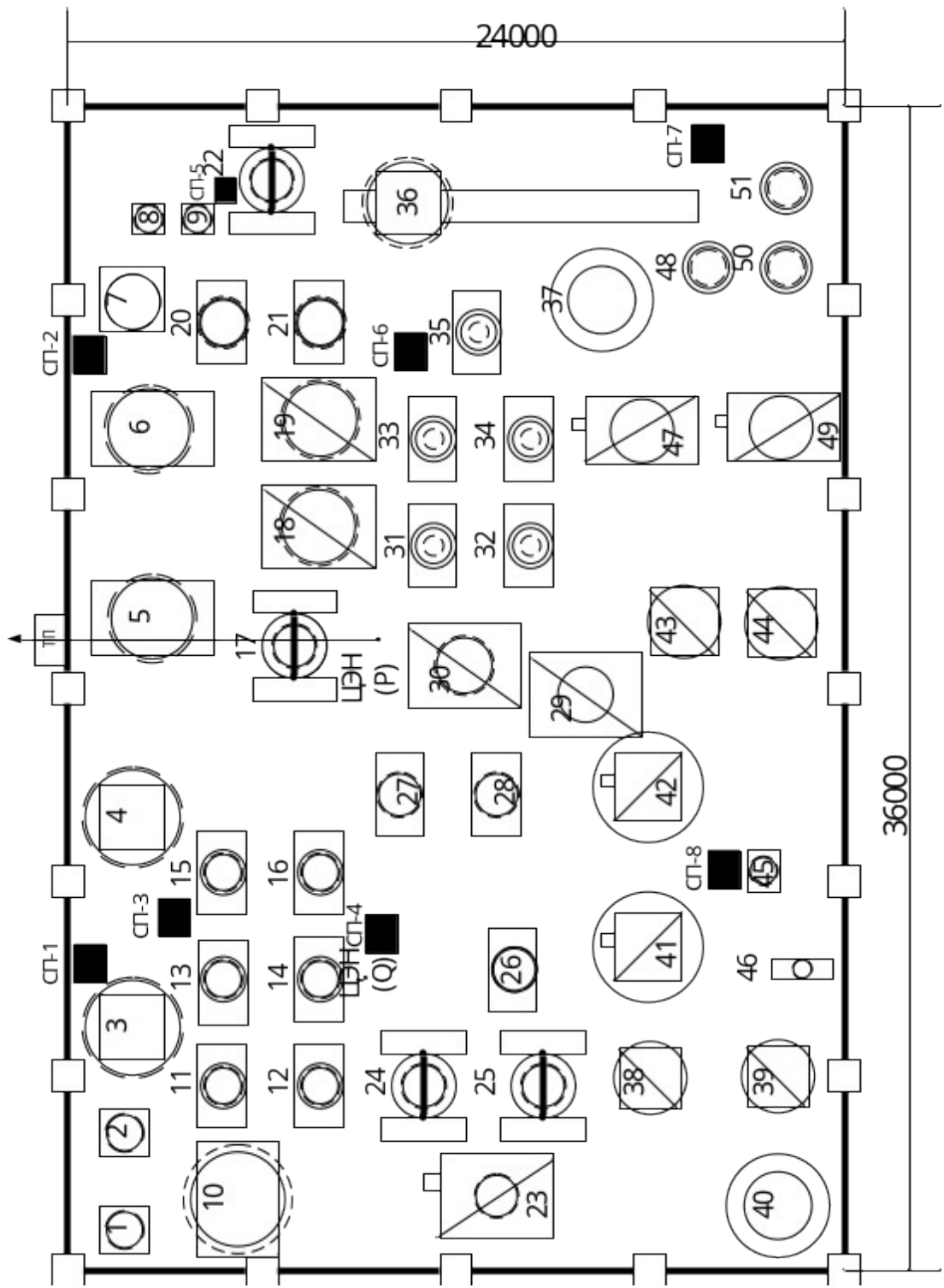


Рисунок 2.3 – Картограмму нагрузок цеха

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

ЛП-08.02.09 ПЗ

3 Светотехнический расчет электрического освещения

3.1 Расчет рабочего освещения

Основной задачей светотехнического расчета является определение числа и мощности осветительных установок, т.е. определение фактической освещенности, создаваемой спроектированным источником освещения цеха.

Отметим, что светотехнический расчет осветительной сети цеха выполняется методом коэффициента использования светового потока, т.к. нет крупных затеняющих предметов.

Выполним расчет рабочего освещения цеха, рассчитав его геометрические размеры, согласно рисунку 3.1.

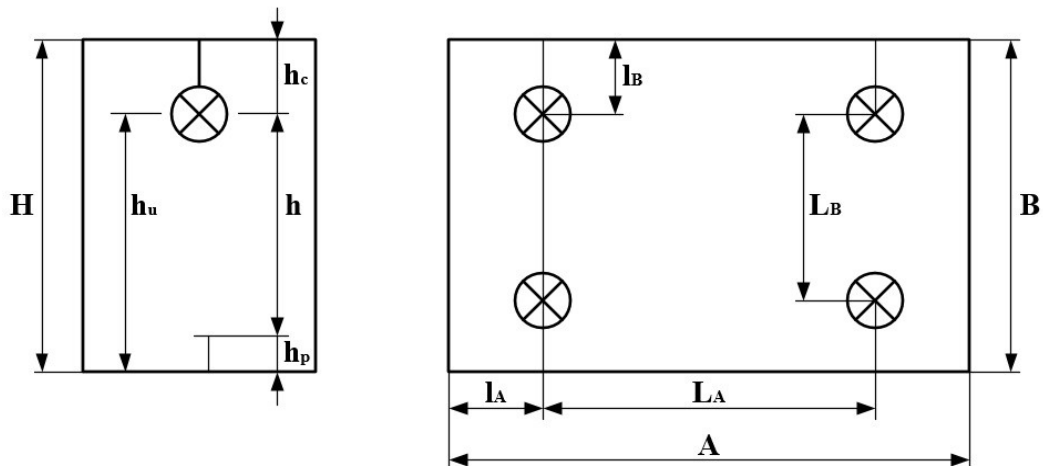


Рисунок 3.1 – Размещение светильников,

где h_c – высота подвески светильников (м); h_p – высота рабочей поверхности (м); h_u – высота подвеса светильников над полом (м); h – расчетная высота (м); H – высота здания (м); l_A – расстояние от стенки светильников в поперечной оси (м); l_B – расстояние от стенки до светильников в продольной оси (м); L_A – расстояние между светильниками в продольной оси (м); L_B – расстояние между светильниками в поперечной оси (м); A – длина помещения (м); B – ширина помещения (м).

Геометрические параметры цеха, $A \times B \times H = 36 \times 24 \times 10$ (м). Площадь цеха равна $864 \text{ (м}^2\text{)}$.

Согласно ПУЭ принимаем высоту рабочей поверхности $h_p = 0,8 \text{ (м)}$, а высоту подвеса $h_c = 1,2 \text{ (м)}$.

Определим значение расчетной высоты для рабочего освещения (3.1).

$$h = H - h_p - h_c, \text{ (м)} \quad (3.1)$$

$$h = 10 - 0,8 - 1,2 = 8 \text{ (м)}$$

Определим расстояние между светильниками в продольной оси (3.2).

$$L_A = \lambda_s h, \text{ (м)} \quad (3.2)$$

где λ_s – отношение расстояния между светильниками к расчетной высоте $\lambda_s = 0,9$

$$L_A = 0,9 \cdot 8 = 7,2 \text{ (м)}$$

Определим индекс помещения (3.9)

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} \quad (3.9)$$

$$i = \frac{36 \cdot 24}{8(36+24)} = 1,8$$

Определим функцию светового потока – коэффициент использования, который нам понадобится при дальнейших вычислениях, согласно таблице 5-19 [5] $\eta=0,88$. Но прежде определим по таблице 5.1 принимаем коэффициенты отражения поверхностей помещения: потолка $\rho_n=70\%$; стен $\rho_c=50\%$; пола $\rho_p=10\%$. По таблице 4.4 [5] принимаем: номинальную освещенность $E_n=200(\text{лк})$; коэффициент запаса $K_{зан}=1,5$. Расчет освещения выполним методом коэффициента использования светового потока. При расчете по этому методу световой поток ламп в каждом светильнике, необходимый для создания заданной минимальной освещенности определим согласно формуле (3.10).

$$\Phi = \frac{E_n K_{зан} F z}{N \eta}, (\text{лм}) \quad (3.10)$$

где Φ – световой поток одной лампы (лм);
 E_n – номинальная освещенность лампы $E_n=200(\text{лк})$;
 $K_{зан}$ – коэффициент запаса $K_{зан}=1,5$;
 F – площадь помещения (м^2);
 z – коэффициент минимальной освещенности $z=1,1$ [4];
 N – количество светильников в цехе (шт);
 η – коэффициент использования светового потока $\eta=0,88$

$$\Phi = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 864 \cdot 1,1}{20 \cdot 0,88} = 16200 (\text{лм})$$

По значению Φ выбирается стандартная лампа так, чтобы ее поток отличался от расчетного значения Φ на $[-10 \div +20\%]$. Подбираем светодиодную лампу мощностью 150 Вт со световым потоком $\Phi_n=15750(\text{лм})$. Определим отклонение светового потока (5.11)

$$\Delta \Phi = \frac{\Phi_n - \Phi}{\Phi} \cdot 100\% \quad (3.11)$$

$$\Delta \Phi = \frac{15750 - 16200}{16200} \cdot 100\% = -0,027\%$$

Отклонение между Φ_n и Φ составило $-0,027\%$, что допустимо.

Определим фактический световой поток (3.12).

$$\Phi_\phi = N N_\lambda \Phi_n, (\text{лм}) \quad (3.12)$$

					ЛП-08.02.09 ПЗ	Лис
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

где Φ_{ϕ} – фактический световой поток (лм);
 N – количество светильников в цехе (шт);
 $N_{л}$ – количество ламп в светильнике $N_{л}=1$ (шт);
 $\Phi_{л}$ – номинальный световой поток лампы (лм)
 $\Phi_{\phi}=20 \cdot 1 \cdot 15750=315000$ (лм)

					<i>ЛП-08.02.09 ПЗ</i>	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		28

3.2 Расчет мощности осветительной нагрузки

Расчет мощности осветительной нагрузки произведем методом спроса.
Расчетную активную мощность осветительной нагрузки найдем в соответствии с формулой (3.13).

$$P_{p1.o} = N P_{ном} K_c K_{ППА}, (Вт) \quad (3.13)$$

где $P_{p1.o}$ – расчетная активную мощность осветительной нагрузки (Вт);
 N – количество светильников в цехе (шт);
 $P_{ном}$ – номинальная мощность одной лампы (Вт);
 K_c – коэффициент спроса $K_c = 0,95$ [4];
 $K_{ППА}$ – коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре $K_{ППА} = 1$

$$P_{p1.o} = 20 \cdot 150 \cdot 0,95 \cdot 1 = 2850 (Вт) = 2,85 (кВт)$$

Для светодиодных ламп принимаем $\cos \varphi_{дсп} = 0,95$, $tg \varphi_{дсп} = 0,33$

Определим расчетную реактивную мощность осветительной нагрузки (3.14).

$$Q_{p1.o} = P_{p1.o} tg \varphi, (Вар) \quad (3.14)$$

где $Q_{p1.o}$ – расчетная реактивная мощность осветительной нагрузки (Вар);
 $P_{p1.o}$ – расчетная активная мощность осветительной нагрузки (Вт);
 $tg \varphi$ – коэффициент реактивной мощности $tg \varphi_{дсп} = 0,33$ (о.е)

$$Q_{p1.o} = 2850 \cdot 0,33 = 940,5 (Вар) = 0,9405 (кВар)$$

Определим расчетную полную мощность осветительной нагрузки (3.15).

$$S_{p1.o} = \sqrt{P_{p1.o}^2 + Q_{p1.o}^2}, (ВА) \quad (3.15)$$

где $Q_{p1.o}$ – расчетная реактивная мощность осветительной нагрузки (Вар);
 $P_{p1.o}$ – расчетная активная мощность осветительной нагрузки (Вт);
 $S_{p1.o}$ – расчетная полная мощность осветительной нагрузки (ВА)

$$S_{p1.o} = \sqrt{2850^2 + 940,5^2} = 3001 (ВА) = 3,001 (кВА)$$

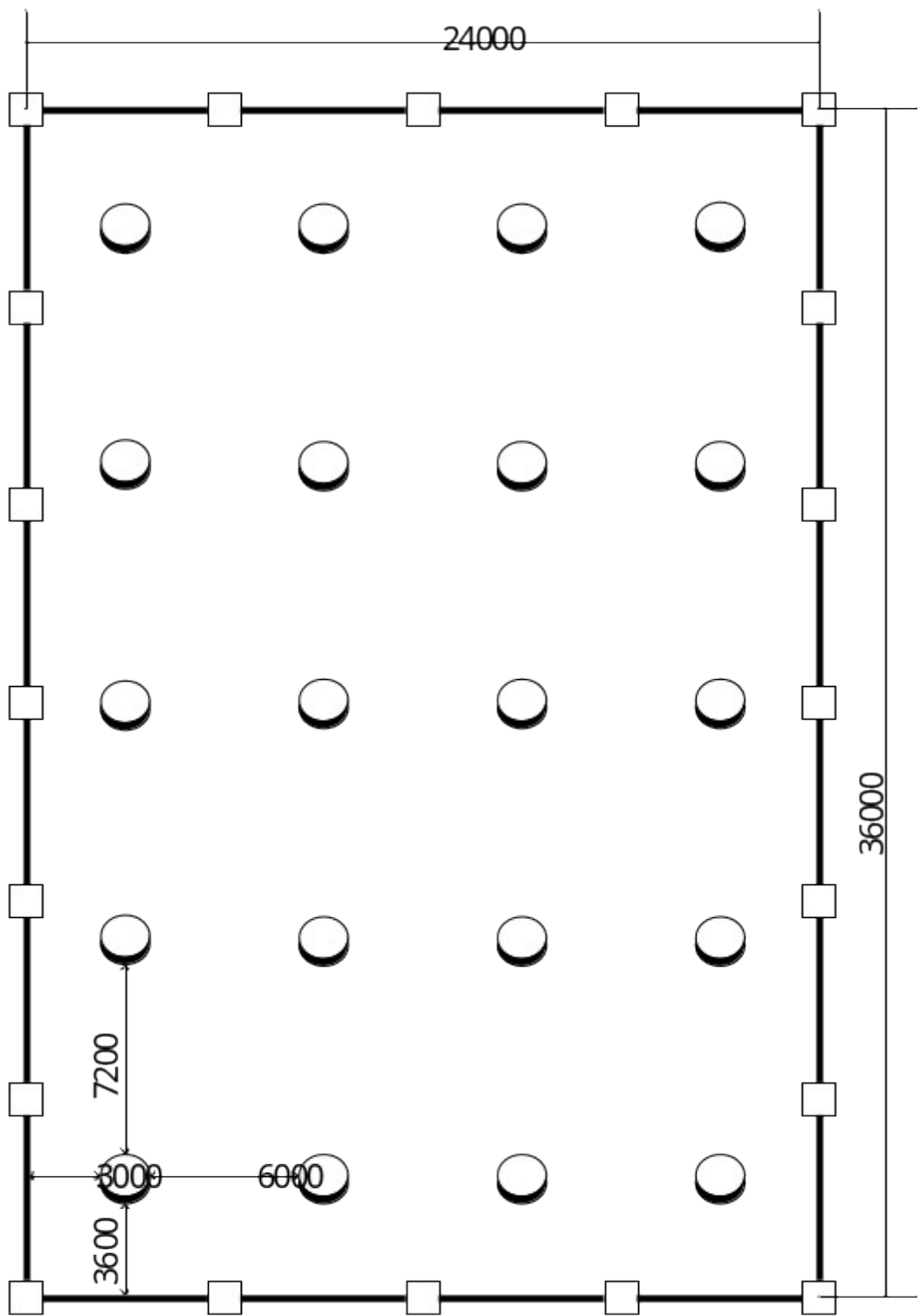


Рисунок 3.2 – План расположения светильников рабочего освещения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

ЛП-08.02.09 ПЗ

Лис
30

3.3 Электротехнический расчет электрического освещения. Выбор щитов освещения, кабелей и защитной аппаратуры

Для светильников общего освещения применяется напряжение 380/220 В переменного тока. Для светильников общего освещения применяется напряжение 220 В. Электроснабжение рабочего и аварийного освещения выполняется самостоятельными линиями от шин низкого напряжения подстанции. При этом электроэнергия от подстанции передается питающими линиями на групповые осветительные щитки. Питание источников света осуществляется от групповых щитков групповыми линиями.

Распределение светильников по фазам по длине групповой линии выполняется для снижения потерь мощности и напряжения в проводе; уменьшения стробоскопического эффекта и снижения ущерба при исчезновении напряжения в одной из фаз. Нагрузку можно считать равномерной, если моменты нагрузок отличаются незначительно (3.16). Такое размещение позволяет выравнивать нагрузку по фазам.

Моменты нагрузок определяются в соответствии с формулой (3.17).

$$M_A \approx M_B \approx M_C, (\text{кВт} \cdot \text{м}) \quad (3.16)$$

$$M_{i\phi} = \sum P_i \cdot l_i, (\text{кВт} \cdot \text{м}) \quad (3.17)$$

где $M_{i\phi}$ – момент нагрузки фазы (кВт·м);
 P_i – активная мощность лампы (кВт);
 l_i – расстояние от лампы до источника питания (м).

У источника освещения должен поддерживаться необходимый уровень напряжения. Поэтому необходимо определить потери напряжения, которые определяются в соответствии с формулой (3.18).

$$\Delta U = \frac{M_{max}}{CF}, (\%) \quad (3.18)$$

где ΔU – потери напряжения в линии (ряду) (%);
 M_{max} – максимальный момент нагрузки в линии (кВт·м);
 C – коэффициент схемы освещения, согласно [5] $C=46$, для алюминиевого провода;
 F – сечение проводника (мм²).

Значение минимального сечения проводника определяется согласно формуле (3.19).

$$F = \frac{M_a}{C \Delta U_{доп}}, (\text{мм}^2) \quad (3.19)$$

где $\Delta U_{доп}$ – допустимые потери напряжения в линии (ряду), $\Delta U_{доп} = 3,5$ (%)

При этом момент нагрузки в линии определяется в соответствии с формулой (3.20).

									Лис
									31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат					

$$M_{л} = n P_i \left(l_0 + \frac{l(n-1)}{2} \right), (\text{кВт} \cdot \text{м}) \quad (3.20)$$

где $M_{л}$ – момент нагрузки линии (кВт·м);
 n – количество светильников в линии (шт);
 P_i – активная мощность лампы (кВт);
 l_0 – расстояние от лампы до ЩО (м);
 l – расстояние между лампами (м).

Значение расчетной нагрузки определяется согласно формуле (3.20).

$$P_{p.o} = N P_{ном} K_c K_{ППА}, (\text{Вт}) \quad (3.20)$$

где $P_{p.o}$ – расчетная активную мощность осветительной нагрузки (Вт);
 N – количество светильников в ряду (шт);
 $P_{ном}$ – номинальная мощность одной лампы (Вт);
 K_c – коэффициент спроса $K_c = 0,95$
 $K_{ППА}$ – коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре $K_{ППА} = 1$

Для определения значения сечения проводника необходимо определить максимальный расчетный ток для освещения (3.21).

$$I_{po} = \frac{P_{p.o}}{\sqrt{3} U_{л} \cos \varphi}, (A) \quad (3.21)$$

где $P_{p.o}$ – расчетная активную мощность осветительной нагрузки (Вт);
 I_{po} – расчетный ток осветительной нагрузки (А);
 $U_{л}$ – напряжение в линии
 $\cos \varphi$ – коэффициент активной мощности ламп (о.е).

Выбор проводников осветительной сети производится по следующим условиям:

1. Должна обеспечиваться достаточная механическая прочность.
2. Прохождение тока нагрузки не должно вызвать перегрев проводников $I_{доп} \geq I_{раб}$.
3. У источника света должен поддерживаться необходимый уровень напряжения.

По расчетному току выбираются осветительный щиток типа ЩО, автомат на вводе и на отходящих линиях. Вследствие того, что сети освещения являются протяжёнными и с малыми сечениями, откуда большое сопротивление, следовательно, малый ток К.З., поэтому коммутационную аппаратуру на стойкость не проверяется.

Произведем расчет рабочего основного освещения.

3.3.1 Расчет рабочего освещения

Проведем распределение по фазам, в соответствии с рисунком 3.3. Получим 4 линии трехфазной нагрузки. Будем использовать четырехпроводные кабели АВВГ от щита освещения ОЩ до ДСП-150.

Определим моменты нагрузок:

Ряд №1:

$$\begin{aligned}M_A &= 1 Pl + 5 Pl = 6 Pl \\M_B &= 3 Pl \\M_C &= 2 Pl + 4 Pl = 6 Pl\end{aligned}$$

Ряд №2:

$$\begin{aligned}M_A &= 2 Pl + 4 Pl = 6 Pl \\M_B &= 1 Pl + 5 Pl = 6 Pl \\M_C &= 3 Pl\end{aligned}$$

Ряд №3:

$$\begin{aligned}M_A &= 3 Pl \\M_B &= 2 Pl + 4 Pl = 6 Pl \\M_C &= 1 Pl + 5 Pl = 6 Pl\end{aligned}$$

Ряд №4:

$$\begin{aligned}M_A &= 1 Pl + 5 Pl = 6 Pl \\M_B &= 3 Pl \\M_C &= 2 Pl + 4 Pl = 6 Pl\end{aligned}$$

Определим суммарные моменты по фазам:

$$\begin{aligned}\sum M_A &= \frac{21}{4} \cdot 0,15 \cdot 7,2 = 5,67 \text{ кВт} \cdot \text{м}, \\ \sum M_B &= \frac{18}{4} \cdot 0,15 \cdot 7,2 = 4,86 \text{ кВт} \cdot \text{м}, \\ \sum M_C &= \frac{21}{4} \cdot 0,4 \cdot 7,2 = 5,67 \text{ кВт} \cdot \text{м}.\end{aligned}$$

Нагрузка практически выравнена по фазам, т.к. моменты нагрузок отличаются незначительно. Поэтому осветительную нагрузку можно считать равномерной.

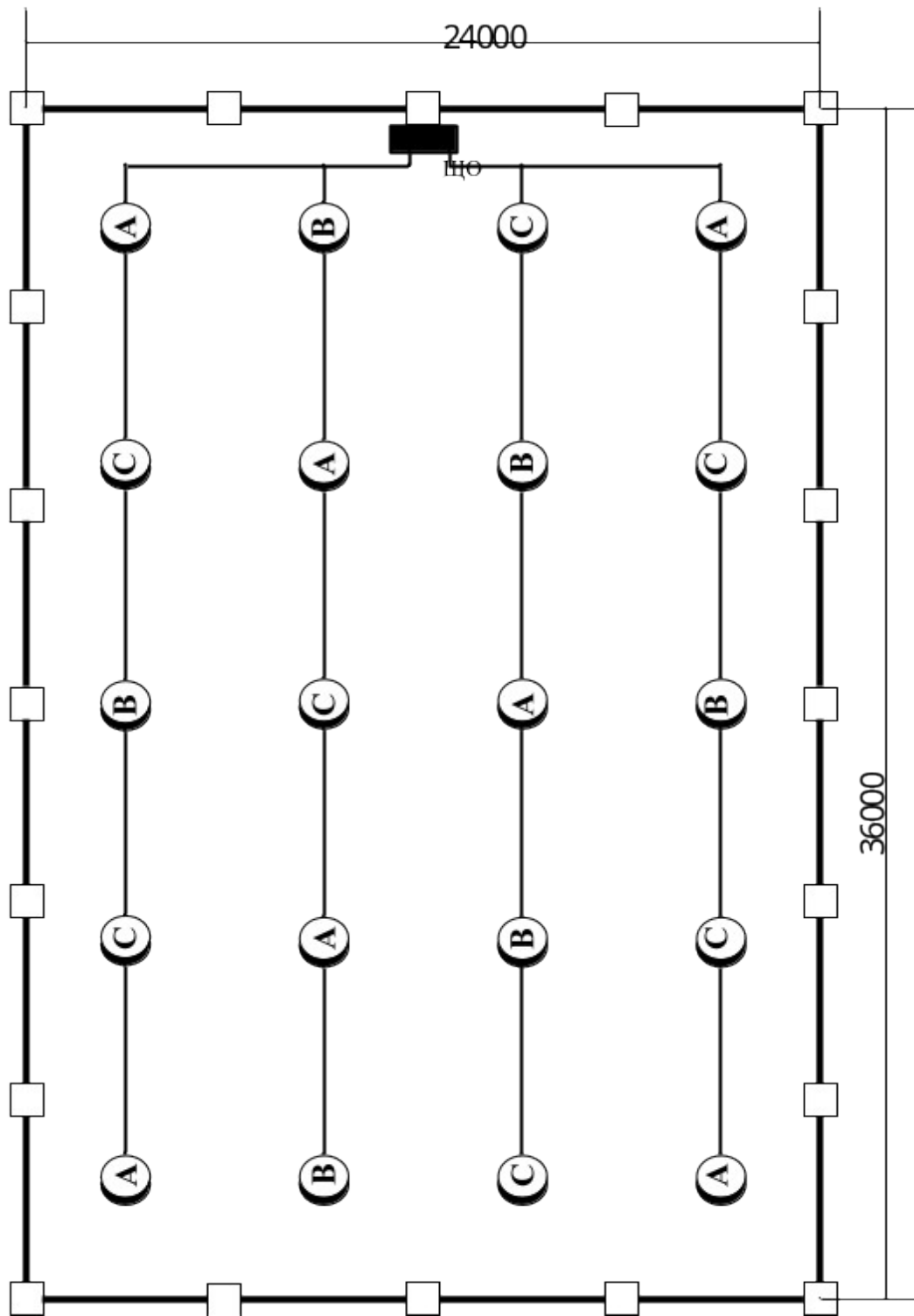


Рисунок 3.3 – Схема питания рабочего освещения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

ЛП-08.02.09 ПЗ

Рассчитаем моменты в линиях, но прежде для каждой линии определим значения l_0 .

Линия светильников №1:

$$l_0 = 10,12 + 8,5 - 1,2 = 17,42 (\text{м})$$

$$M_{л1} = 5 \cdot 0,15 \left(17,42 + \frac{7,2(5-1)}{2} \right) = 23,8 (\text{кВт} \cdot \text{м})$$

Линия светильников №2:

$$l_0 = 4,12 + 8,5 - 1,2 = 11,42 (\text{м})$$

$$M_{л2} = 5 \cdot 0,15 \left(11,42 + \frac{7,2(5-1)}{2} \right) = 25,8 (\text{кВт} \cdot \text{м})$$

Линия светильников №3:

$$l_0 = 4,12 + 8,5 - 1,2 = 11,42 (\text{м})$$

$$M_{л3} = 5 \cdot 0,15 \left(11,42 + \frac{7,2(5-1)}{2} \right) = 25,8 (\text{кВт} \cdot \text{м})$$

Линия светильников №4:

$$l_0 = 10,12 + 8,5 - 1,2 = 17,42 (\text{м})$$

$$M_{л4} = 5 \cdot 0,15 \left(17,42 + \frac{7,2(5-1)}{2} \right) = 23,8 (\text{кВт} \cdot \text{м})$$

Определим сечения проводников линий, согласно формуле (16.4).

Сечение линии №1.

$$F_1 = \frac{23,8}{46 \cdot 3,5} = 0,15 (\text{мм}^2)$$

Выбираем сечение $F_1 = 2,5 (\text{мм}^2)$

Сечение линии №2.

$$F_2 = \frac{25,8}{46 \cdot 3,5} = 0,16 (\text{мм}^2)$$

Выбираем сечение $F_2 = 2,5 (\text{мм}^2)$

Сечение линии №3.

$$F_3 = \frac{25,8}{46 \cdot 3,5} = 0,16 (\text{мм}^2)$$

Выбираем сечение $F_3 = 2,5 (\text{мм}^2)$

Сечение линии №4.

$$F_4 = \frac{23,8}{46 \cdot 3,5} = 0,15 (\text{мм}^2)$$

Выбираем сечение $F_4 = 2,5 (\text{мм}^2)$

Определим расчетную нагрузку и расчетный ток для одной группы светильников, согласно формулам (16.6) и (16.7) соответственно. Для светодиодных ламп $\text{tg } \varphi_{\text{ДСП}} = 0,33$, следовательно, $\cos \varphi = 0,95$

$$P_{р.ол} = 5 \cdot 0,15 \cdot 0,95 \cdot 1 = 0,71 (\text{кВт})$$

									Лис
									35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	ЛП-08.02.09 ПЗ				

$$I_{\text{пол}} = \frac{0,71}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,95} = 1,14 (A)$$

Расчетный ток не превышает допустимый ток кабеля $I_{\text{доп}} = 16 \text{ A}$, для сечения $F = 2,5 (\text{мм}^2)$.

Определим потери напряжения, согласно формуле (16.3), исходя из того, что $F = 2,5 (\text{мм}^2)$.

$$\Delta U_1 = \frac{23,8}{46 \cdot 2,5} = 0,21 (\%)$$

$$\Delta U_2 = \frac{25,8}{46 \cdot 2,5} = 0,22 (\%)$$

$$\Delta U_3 = \frac{25,8}{46 \cdot 2,5} = 0,22 (\%)$$

$$\Delta U_4 = \frac{23,8}{46 \cdot 2,5} = 0,21 (\%)$$

Произведем выбор кабеля от щита освещения (ОЩ) до КТП.

$$P_{\text{р.ок}} = 20 \cdot 0,15 \cdot 0,95 \cdot 1 = 2,85 (\text{кВт})$$

$$I_{\text{рок}} = \frac{2,85}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,95} = 4,56 (A)$$

Выбираем алюминиевый провод марки АБВГ 4x2,5 с сечением основной жилы $F = 2,5 (\text{мм}^2)$, и допустимым током 28 А.

Выбираем ЩО типа ОЩВ-6 IP31 на 6 присоединений.

Выбираем вводной автомат, марки ВА. Его технические характеристики представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Вводной автомат рабочего освещения

$I_{\text{рок}}, A$	Тип ВА	$I_{\text{н.а}}, A$	$I_{\text{н.р}}, A$	Кратность уставки k_y
4,56	ВА 51-25	25	25	1,2

Рассчитаем потери напряжения в кабеле, питающем ЩО.

$$\Delta U_1 = \frac{23,8 + 25,8 + 25,8 + 23,8}{46 \cdot 4} = 0,54 \%$$

Потери напряжения находятся в допустимых пределах.

4. Проектирование электроснабжения объекта

4.1. Расчет электрических нагрузок первичных групп электроприемников

Расчет электрической нагрузки на первом уровне производится для каждого электроприемника в отдельности.

По исходным данным определим номинальные активные мощности приемников электроэнергии. Учтем, что для электродвигателей, работающих в длительном режиме, расчетная активная мощность равна номинальной (4.1), т.к. их ПВ = 100%. Если же электродвигатель работает в повторно-кратковременном режиме, то расчетная мощность приводится к длительному режиму работы (4.2).

$$P_{p1} = P_{ном}, (кВт) \quad (4.1)$$

$$P_{p1} = P_{ном} \sqrt{ПВ}, (кВт) \quad (4.2)$$

где P_{p1} – расчетная активная мощность электроприемника на 1 уровне (кВт);

$P_{ном}$ – номинальная активная мощность электроприемников (кВт);

$ПВ$ – повторное включение электроприемника (о.е).

После расчета активной мощности, находим значения реактивных (4.3) и полных (2.4) расчетных мощностей каждого электроприемника цеха в отдельности.

$$Q_{p1} = P_{p1} t g \varphi, (кВар) \quad (4.3)$$

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2}, (кВА) \quad (4.4)$$

где Q_{p1} – расчетная реактивная мощность ЭП на 1 уровне (кВар);

P_{p1} – расчетная активная мощность ЭП на 1 уровне (кВт);

$t g \varphi$ – коэффициент реактивной мощности (о.е);

S_{p1} – расчетная полная мощность ЭП на 1 уровне (кВА)

После расчета мощностей найдем значения расчетного (2.5) и пускового (4.6) токов электроприемника в отдельности.

$$I_{p1} = \frac{S_{p1} \cdot 10^3}{\sqrt{3} U_{ном}}, (А) \quad (4.5)$$

$$I_n = I_{p1} K_n, (А) \quad (4.6)$$

где S_{p1} – расчетная полная мощность ЭП на 1 уровне (кВА)

I_{p1} – расчетный ток электроприемников на 1 уровне (А);

K_n – кратность пускового тока, принимаем $K_n = 3$;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение электроприемника (кВ)

Произведем расчет для галтовочного барабана, результаты вычисления сведем в таблицу 4.1

$$P_{p1} = 4,75 \sqrt{1} = 4,75 (кВт)$$

$$Q_{p1} = 4,75 \cdot 1,17 = 5,56 (кВар)$$

$$S_{p1} = \sqrt{4,75^2 + 5,56^2} = 7,31 (кВА)$$

									Лис
									37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат					

ЛП-08.02.09 ПЗ

$$I_{p1} = \frac{7,31 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 11,11 (A)$$

$$I_n = 11,11 \cdot 3 = 33,33 (A)$$

Для остальных электроприемников цеха расчет ведется аналогично, результаты вычислений представлены в таблице 2.1.

Таблица 4.1 — Расчет электрической нагрузки на первом уровне цеха

№	Наименование ЭП	$P_{ном},$ кВт	$P_{p1},$ кВт	ПВ, %	$t g \varphi$	$Q_{p1},$ кВар	$S_{p1},$ кВА	$I_{p1},$ А	K_n	$I_n,$ А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Галтовочный барабан	4,75	4,75	100	1,17	5,56	7,31	11,11	3	33,33
2	Галтовочный барабан	4,75	4,75	100	1,17	5,56	7,31	11,11	3	33,33
3	Пресс кривошипный холодного выдавливания	32,28	32,28	100	1,17	37,77	49,68	75,48	3	226,44
4	Пресс кривошипный холодного выдавливания	32,28	32,28	100	1,17	37,77	49,68	75,48	3	226,44
5	Пресс чеканочный	24,62	24,62	100	1,17	28,81	37,9	57,58	3	172,74
6	Пресс чеканочный	24,62	24,62	100	1,17	28,81	37,9	57,58	3	172,74
7	Автомат многопозиционный	11,31	11,31	100	1,02	11,54	16,16	24,55	3	73,65
8	Обдирочно- шлифовальный станок	2,72	2,72	100	1,17	3,18	4,18	6,35	3	19,05
9	Обдирочно- шлифовальный станок	2,72	2,72	100	1,17	3,18	4,18	6,35	3	19,05
10	Автомат резьбонакатный	33,3	33,3	100	1,33	44,29	55,41	84,19	3	252,57
11	Пресс кривошипный ПВ-70%	4,76	3,98	70	1,17	4,66	6,13	9,31	3	27,93
12	Пресс кривошипный ПВ-70%	4,76	3,98	70	1,17	4,66	6,13	9,31	3	27,93
13	Пресс кривошипный ПВ-70%	4,76	3,98	70	1,17	4,66	6,13	9,31	3	27,93
14	Пресс кривошипный ПВ-70%	4,76	3,98	70	1,17	4,66	6,13	9,31	3	27,93
15	Пресс кривошипный ПВ-70%	4,76	3,98	70	1,17	4,66	6,13	9,31	3	27,93
16	Пресс кривошипный ПВ-70%	4,76	3,98	70	1,17	4,66	6,13	9,31	3	27,93
17	Пресс фрикционный	6,42	6,42	100	1,17	7,51	9,88	15,01	3	45,03
18	Печь сопротивления	20	20	100	1,17	23,4	30,78	46,77	0	0
19	Печь сопротивления	20	20	100	1,17	23,4	30,78	46,77	0	0
20	Пресс кривошипный	8,62	8,62	100	1,17	10,09	13,27	20,16	3	60,48
21	Пресс кривошипный	8,62	8,62	100	1,17	10,09	13,27	20,16	3	60,48
22	Пресс фрикционный	6,42	6,42	100	1,17	7,51	9,88	15,01	3	45,03
23	Электродпечь камерная, 16000°C	45	45	100	0	0	45	68,37	0	0
24	Пресс фрикционный	6,42	6,42	100	1,17	7,51	9,88	15,01	3	45,03
25	Пресс фрикционный	6,42	6,42	100	1,17	7,51	9,88	15,01	3	45,03
26	Пресс кривошипный ПВ-70%	4,76	3,98	70	1,17	4,66	6,13	9,31	3	27,93

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
27	Механические ножницы	11,31	11,31	100	1,17	13,23	17,41	26,45	3	79,35

28	Механические ножницы	11,31	11,31	100	1,17	13,23	17,41	26,45	3	79,35
29	Печь сопротивления	20	20	100	1,17	23,4	30,78	46,77	0	0
30	Печь сопротивления	20	20	100	1,17	23,4	30,78	46,77	0	0
31	Пресс кривошипный ПВ-70%	4,76	3,98	70	1,17	4,66	6,13	9,31	3	27,93
32	Пресс кривошипный ПВ-70%	4,76	3,98	70	1,17	4,66	6,13	9,31	3	27,93
33	Пресс кривошипный ПВ-70%	4,76	3,98	70	1,17	4,66	6,13	9,31	3	27,93
34	Пресс кривошипный ПВ-70%	4,76	3,98	70	1,17	4,66	6,13	9,31	3	27,93
35	Пресс кривошипный ПВ-70%	4,76	3,98	70	1,17	4,66	6,13	9,31	3	27,93
36	Отрезной полуавтомат	25,17	25,17	100	1,33	33,48	41,89	63,65	3	190,95
37	Шахтная электропечь	40	40	100	0	0	40	60,77	0	0
38	Электропечь-ванна, 850°C	20	20	100	0	0	20	30,39	0	0
39	Электропечь-ванна, 850°C	20	20	100	0	0	20	30,39	0	0
40	Шахтная электропечь	40	40	100	0	0	40	60,77	0	0
41	Электропечь камерная, 16000°C	45	45	100	0	0	45	68,37	0	0
42	Электропечь камерная, 16000°C	45	45	100	0	0	45	68,37	0	0
43	Электропечь-ванна, 850°C	20	20	100	0	0	20	30,39	0	0
44	Электропечь-ванна, 850°C	20	20	100	0	0	20	30,39	0	0
45	Обдирочно-шлифовальный станок	2,72	2,72	100	1,17	3,18	4,18	6,35	3	19,05
46	Твердомер шариковый	1,23	1,23	100	1,17	1,44	1,89	2,87	3	8,61
47	Электропечь	15	15	100	0	0	15	22,79	0	0
48	Вентилятор	6,42	6,42	100	0,75	4,82	8,03	12,2	3	36,6
49	Электропечь	15	15	100	0	0	15	22,79	0	0
50	Отрезной полуавтомат	25,17	25,17	100	1,33	33,48	41,89	63,65	3	190,95
51	Вентилятор	6,42	6,42	100	0,75	4,82	8,03	12,2	3	36,6

4.2. Разработка схемы питания силовых электроприемников цеха.

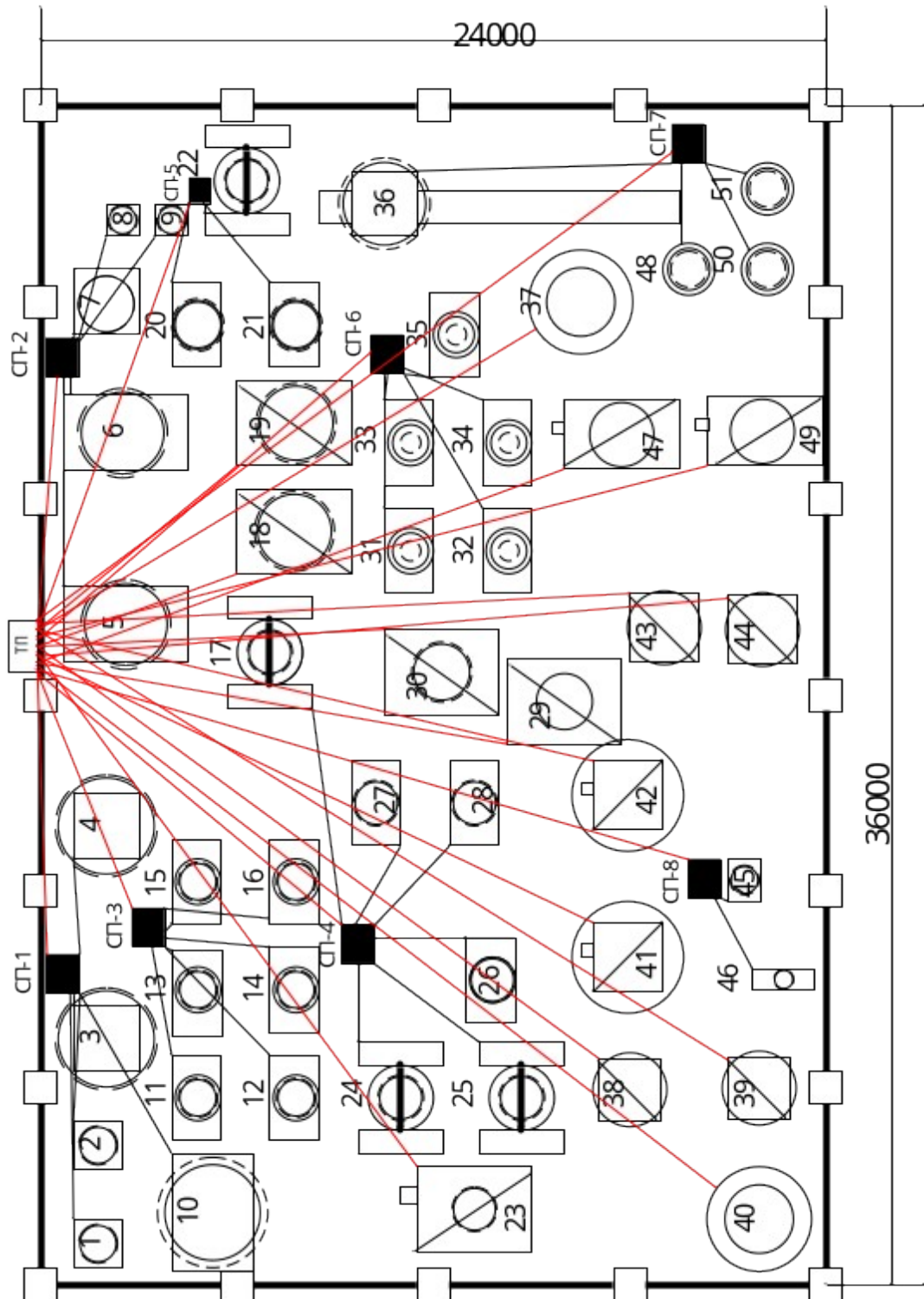


Рисунок 4.1 – Схема питания цеха

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

ЛП-08.02.09 ПЗ

Лис
40

4.3. Расчет электрических нагрузок узлов электрической сети и всего цеха

Определение расчетных электрических нагрузок ЭП до 1кВ в целом по предприятию выполняется методом коэффициентов расчетной активной нагрузки (в соответствии с РТМ 36.18.32.4-92). Расчет выполняется по форме Ф636–92.

Во-первых произведем расчет силовой нагрузки в общем, данному расчету будет соответствовать таблица 4.2.

Во-вторых, рассмотрим расчет силовой нагрузки для варианта разводки сети при помощи распределительных силовых пунктов данному расчету будет соответствовать таблица 4.3.

В- третьих определим загрузку РУНН, данному расчету будет соответствовать таблица 4.4.

Рассмотрим подробнее методику расчета.

Групповая номинальная активная мощность – сумма номинальных активных мощностей группы ЭП (4.7).

$$P_{ном} = \sum_1^n p_{ном}, (кВт) \quad (4.7)$$

где $P_{ном}$ – групповая номинальная активная мощность (кВт);
 $p_{ном}$ – номинальная активная мощность одного ЭП (расчетная активная мощность первого уровня) (кВт);
 n – количество электроприемников в группе

Групповая номинальная реактивная мощность определяется в соответствии с формулой (4.8).

$$Q_{ном} = \sum_1^n p_{ном} tg \varphi, (кВар) \quad (4.8)$$

где $Q_{ном}$ – групповая номинальная реактивная мощность (кВар);
 $p_{ном}$ – номинальная активная мощность одного ЭП (кВт);
 $tg \varphi$ – коэффициент реактивной мощности (о.е);
 n – количество электроприемников в группе

Для группы, состоящей из ЭП различных категорий (т.е. с различными k_u), средневзвешенный коэффициент использования определяется по формуле (4.9).

$$K_u = \frac{\sum_1^n k_u P_{ном}}{\sum_1^n P_{ном}} \quad (4.9)$$

где K_u – средневзвешенный коэффициент использования (о.е.);
 k_u – коэффициент использования ЭП (о.е);

Расчетная реактивная мощность силовой нагрузки, при $n_s > 10$, определяется по формуле (4.13)

$$Q_{расч II} = \sum K_u P_{ном} tg \varphi, (кВар) \quad (4.13)$$

где $Q_{расч II}$ – расчетная реактивная мощность силовой нагрузки (кВар);
 $P_{ном}$ – групповая номинальная активная мощность (кВт);
 K_u – средневзвешенный коэффициент использования (о.е.);
 $tg \varphi$ – коэффициент реактивной мощности (о.е).

Для магистральных шинопроводов и на шинах цеховых трансформаторных подстанций, а также при определении реактивной мощности в целом по цеху, корпусу, предприятию, пользуемся формулой (4.14).

$$Q_{расч II} = K_p \sum K_u P_{ном} tg \varphi, (кВар) \quad (4.15)$$

где $Q_{расч II}$ – расчетная реактивная мощность силовой нагрузки (кВар);
 $P_{ном}$ – групповая номинальная активная мощность (кВт);
 K_u – средневзвешенный коэффициент использования (о.е.);
 $tg \varphi$ – коэффициент реактивной мощности (о.е.);
 K_p – коэффициент расчетной мощности

Расчетная полная мощность второго уровня определяется (4.16).

$$S_{расч II} = \sqrt{P_{расч II}^2 + Q_{расч II}^2}, (кВА) \quad (4.16)$$

где $S_{расч II}$ – расчетная полная мощность для всего цеха (кВА);
 $P_{расч II}$ – расчетная активная мощность для всего цеха (кВт);
 $Q_{расч II}$ – расчетная реактивная мощность для всего цеха (кВар)

Значение токовой расчетной нагрузки, по которой выбирается сечение линии по допустимому нагреву, определяется по выражению (4.17).

$$I_{расч II} = \frac{S_{расч II}}{\sqrt{3} U_{ном}}, (А) \quad (4.17)$$

где $I_{расч II}$ – токовая расчетная нагрузка (А);
 $S_{расч II}$ – полная расчетная мощность (кВА);
 $U_{ном}$ – номинальное напряжение (кВ).

Изм.

Лист

№ докум

Подпись

Дат

Таблица 4.2— Расчет электрических нагрузок второго уровня для всего цеха (форма Ф636 – 92)

Исходные данные								Расчетные величины			n_{Σ}	K_p	Расчетная мощность			
По технологическому заданию				По справочным данным				9	10	11			14	15	16	17
№ по ген. плану	Наименование ЭП	Кол-во,	Номинальная мощность, кВт		6	7	8									
			Одног о ЭП, $P_{ном}$	Общая $P_{ном} = n$												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1,2	Галтовочный барабан	2	4	8	0,2	0,65	1,17	1,6	1,87	32						
3,4	Пресс кривошипный холодного выдавливания	2	30	60	0,24	0,65	1,17	14,4	16,85	1800						
5,6	Пресс чеканочный	2	22,5	45	0,24	0,65	1,17	10,8	12,64	1012,5						
7	Автомат многопозиционный	1	10	10	0,4	0,7	1,02	4	4,08	100						
8,9,45	шлифовальный станок	3	2,2	6,6	0,24	0,65	1,17	1,58	1,85	14,52						
10	Автомат резьбонакатный	1	33,3	33,3	0,16	0,6	1,33	5,33	7,09	1108,89						
11-16, 19, 26, 31-35	Пресс кривошипный	13	4	52	0,24	0,65	1,17	12,48	14,6	208						
17, 22, 24, 25	Пресс фрикционный	4	5,5	22	0,24	0,65	1,17	5,28	6,18	121						
18,19, 29,30	Печь сопротивления	4	20	80	0,75	0,95	0,33	60	19,8	1600						
20,21	Пресс кривошипный	2	7,5	15	0,24	0,65	1,17	3,6	4,21	112,5						
23,41, 42	Электропечь камерная, 16000°C	3	45	135	0,8	1	0	108	0	6075						
38,39, 43,44	Электропечь-ванна, 850°C	4	20	80	0,8	1	0	64	0	1600						
46	Твердомер шариковый	1	0,8	0,8	0,24	0,65	1,17	0,19	0,22	0,64						
47,49	Электропечь	2	15	30	0,8	1	0	24	0	450						
48,51	Вентилятор	2	5,5	11	0,7	0,8	0,75	7,7	5,78	60,5						
27,28	Механические ножницы	2	10	20	0,24	0,65	1,17	4,8	5,62	200						
36	Отрезной полуавтомат	1	5,9	5,9	0,4	0,6	1,33	2,36	3,14	34,81						
37,40	Шахтная электропечь	2	40	80	0,8	1	0	64	0	3200						
ИТОГО силовая нагрузка		51	-	588,7	0,67	0,97	0,26	394,12	103,93	17730,36	19,5	0,9	354,71	93,54	366,84	557,36
ИТОГО осветительная нагрузка											19		2,85	0,9405	3	4,56
ИТОГО НАГРУЗКА ПО ЦЕХУ													357,56	94,48	369,83	561,9

44

Лист

Изм.

Лист

№ докум

Подпись

Дат

45

Лист

Таблица 4.3— Расчет электрических нагрузок второго уровня с учетом исполнения сети

Исходные данные					Расчетные величины						n_{ε}	K_p	Расчетная мощность				
По технологическому заданию				По справочным данным													
№	Наименование ЭП	Кол-во,	Номинальная мощность, кВт														
			Одног о ЭП, $P_{ном}$	Общая $P_{ном} = n$													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
СП-1																	
1	Галтовочный барабан	1	4	4	0,2	0,65	1,17	0,8	0,94	16							
2	Галтовочный барабан	1	4	4	0,2	0,65	1,17	0,8	0,94	16							
3	Пресс кривошипный холодного выдавливания	1	30	30	0,24	0,65	1,17	7,2	8,42	900							
4	Пресс кривошипный холодного выдавливания	1	30	30	0,24	0,65	1,17	7,2	8,42	900							
10	Автомат резьбоакатный	1	33,3	33,3	0,16	0,6	1,33	5,33	7,09	1108,89							
Итого СП-1		5		101,3	0,21	0,64	1,21	21,33	25,81	2940,89	3,48	2,31	49,27	59,62	50,47	76,68	
СП-2																	
5	Пресс чеканочный	1	22,5	22,5	0,24	0,65	1,17	5,4	6,32	506,25							
6	Пресс чеканочный	1	22,5	22,5	0,24	0,65	1,17	5,4	6,32	506,25							
7	Автомат многопозиционный	1	10	10	0,4	0,7	1,02	4	4,08	100							
8	Обдирочно-шлифовальный станок	1	2,2	2,2	0,24	0,65	1,17	0,53	0,62	4,84							
9	Обдирочно-шлифовальный станок	1	2,2	2,2	0,24	0,65	1,17	0,53	0,62	4,84							
Итого СП-2		5		59,4	0,27	0,66	1,13	15,86	17,96	1122,18	3,14	1,91	30,29	34,3	45,76	69,53	
СП-3																	
11	Пресс кривошипный	1	4	4	0,24	0,65	1,17	0,96	1,12	16							
12	Пресс кривошипный	1	4	4	0,24	0,65	1,17	0,96	1,12	16							
13	Пресс кривошипный	1	4	4	0,24	0,65	1,17	0,96	1,12	16							
14	Пресс кривошипный	1	4	4	0,24	0,65	1,17	0,96	1,12	16							
15	Пресс кривошипный	1	4	4	0,24	0,65	1,17	0,96	1,12	16							
16	Пресс кривошипный	1	4	4	0,24	0,65	1,17	0,96	1,12	16							
Итого СП-3		6		24	0,24	0,65	1,17	5,76	6,72	96	6	1,48	8,52	9,95	13,1	19,9	

Изм.

Лист

№ докум

Подпись

Дат

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
СП-4																
17	Пресс фрикционный	1	5,5	5,5	0,24	0,65	1,17	1,32	1,54	30,25						
24	Пресс фрикционный	1	5,5	5,5	0,24	0,65	1,17	1,32	1,54	30,25						
25	Пресс фрикционный	1	5,5	5,5	0,24	0,65	1,17	1,32	1,54	30,25						
26	Пресс кривошипный	1	4	4	0,24	0,65	1,17	0,96	1,12	16						
27	Механические ножницы	1	10	10	0,24	0,65	1,17	2,4	2,81	100						
28	Механические ножницы	1	10	10	0,24	0,65	1,17	2,4	2,81	100						
Итого СП-4		6		40,5	0,24	0,65	1,17	9,72	11,36	306,75	5,34	1,54	14,97	17,49	23,02	34,98
СП-5																
20	Пресс кривошипный	1	7,5	7,5	0,24	0,65	1,17	1,8	2,11	56,25						
21	Пресс кривошипный	1	7,5	7,5	0,24	0,65	1,17	1,8	2,11	56,25						
22	Пресс фрикционный	1	5,5	5,5	0,24	0,65	1,17	1,32	1,54	30,25						
Итого СП-5		3		20,5	0,24	0,65	1,17	4,92	5,76	142,75	2,94	1,91	9,4	11	14,47	21,98
СП-6																
31	Пресс кривошипный	1	4	4	0,24	0,65	1,17	0,96	1,12	16						
32	Пресс кривошипный	1	4	4	0,24	0,65	1,17	0,96	1,12	16						
33	Пресс кривошипный	1	4	4	0,24	0,65	1,17	0,96	1,12	16						
34	Пресс кривошипный	1	4	4	0,24	0,65	1,17	0,96	1,12	16						
35	Пресс кривошипный	1	4	4	0,24	0,65	1,17	0,96	1,12	16						
Итого СП-6		5		20	0,24	0,65	1,17	4,8	5,6	80	5	1,54	7,39	8,62	11,35	17,24
СП-7																
36	Отрезной полуавтомат	1	5,9	5,9	0,4	0,6	1,33	2,36	3,14	34,81						
48	Вентилятор	1	5,5	5,5	0,7	0,8	0,75	3,85	2,89	30,25						
50	Отрезной полуавтомат	1	5,9	5,9	0,4	0,6	1,33	2,36	3,14	34,81						
51	Вентилятор	1	5,5	5,5	0,7	0,8	0,75	3,85	2,89	30,25						
Итого СП-7		4		22,8	0,54	0,72	0,97	12,42	12,06	130,12	3,99	1,16	14,41	13,99	20,08	30,51
СП-8																
45	Обдирочно-шлифовальный станок	1	2,2	2,2	0,24	0,65	1,17	0,53	0,62	4,84						
46	Твердомер шариковый	1	0,8	0,8	0,24	0,65	1,17	0,19	0,22	0,64						
Итого СП-8		2		3	0,24	0,65	1,17	0,72	0,84	5,48	1,64	2,64	1,9	2,22	2,92	4,44

46

Лист

Изм.

Лист

№ докум

Подпись

Дат

47

Лис

Таблица 4.4— Распределение силовой нагрузки на секциях шин РУ НН.

Исходные данные					Расчетные величины						n $+i_s$	K_p	Расчетная мощность			
По технологическому заданию			По справочным данным			9	10	11	12	13			14	15	16	17
№	Наименование ЭП	Кол-во,	Номинальная мощность, кВт		6											
			Одног о ЭП, $P_{ном}$	Общая $P_{ном} = n$												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Секция шин РУ НН №1																
Итог СП-1		5		101,3	0,21	0,64	1,21	21,33	25,81	2940,89	3,48	2,31	49,27	59,62	50,47	76,68
Итог СП-4		6		40,5	0,24	0,65	1,17	9,72	11,36	306,75	5,34	1,54	14,97	17,49	23,02	34,98
Итог СП-5		3		20,5	0,24	0,65	1,17	4,92	5,76	142,75	2,94	1,91	9,4	11	14,47	21,98
Итог СП-8		2		3	0,24	0,65	1,17	0,72	0,84	5,48	1,64	2,64	1,9	2,22	2,92	4,44
19	Печь сопротивления	1		20	0,75	0,95	0,33	15	4,95	400	1	1,14	17,1	5,64	18,01	27,36
29	Печь сопротивления	1		20	0,75	0,95	0,33	15	4,95	400	1	1,14	17,1	5,64	18,01	27,36
38	Электропечь-ванна, 850°C	1		20	0,8	1	0	16	0	400	1	1,14	18,24	0	18,24	27,71
40	Шахтная электропечь	1		40	0,8	1	0	32	0	1600	1	1,14	36,48	0	36,48	55,43
42	Электропечь камерная,	1		45	0,8	1	0	36	0	2025	1	1,14	41,04	0	41,04	62,35
43	Электропечь-ванна, 850°C	1		20	0,8	1	0	16	0	400	1	1,14	18,24	0	18,24	27,71
44	Электропечь-ванна, 850°C	1		20	0,8	1	0	16	0	400	1	1,14	18,24	0	18,24	27,71
49	Электропечь	1		15	0,8	1	0	12	0	225	1	1,14	13,68	0	13,68	20,78
ИТОГО секция шин РУ НН №1		24		365,3	0,53	0,96	0,28	194,69	53,67	9245,87	14,4	0,85	165,49	45,62	171,66	260,81
Секция шин РУ НН №2																
Итог СП-2		5		59,4	0,27	0,66	1,13	15,86	17,96	1122,18	3,14	1,91	30,29	34,3	45,76	69,53
Итог СП-3		6		24	0,24	0,65	1,17	5,76	6,72	96	6	1,48	8,52	9,95	13,1	19,9
Итог СП-6		5		20	0,24	0,65	1,17	4,8	5,6	80	5	1,54	7,39	8,62	11,35	17,24
Итог СП-7		4		22,8	0,54	0,72	0,97	12,42	12,06	130,12	3,99	1,16	14,41	13,99	20,08	30,51
18	Печь сопротивления	1		20	0,75	0,95	0,33	15	4,95	400	1	1,14	17,1	5,64	18,01	27,36
23	Электропечь камерная,	1		45	0,8	1	0	36	0	2025	1	1,14	41,04	0	41,04	62,35
30	Печь сопротивления	1		20	0,75	0,95	0,33	15	4,95	400	1	1,14	17,1	5,64	18,01	27,36
37	Шахтная электропечь	1		40	0,8	1	0	32	0	1600	1	1,14	36,48	0	36,48	55,43
39	Электропечь-ванна, 850°C	1		20	0,8	1	0	16	0	400	1	1,14	18,24	0	18,24	27,71
41	Электропечь камерная, 16000°C	1		45	0,8	1	0	36	0	2025	1	1,14	41,04	0	41,04	62,35
47	Электропечь	1		15	0,8	1	0	12	0	225	1	1,14	13,68	0	13,68	20,78
ИТОГО секция шин РУ НН №2		27		331,2	0,61	0,97	0,26	200,84	52,24	8503,3	12,9	0,9	180,76	47,02	186,78	283,78

4.4. Выбор сетевых электротехнических устройств (ШР, ШРА, ШМА)

Для проектируемого цеха принимаем радиальные схемы питающей и распределительной сети.

Радиальные схемы характеризуются тем, что от источника питания отходят линии, питающие крупные электроприемники. Преимущество данной сети большая надежность. Недостаток: повышенный расход проводов и кабелей; большее количество защитных и коммутационных аппаратов; необходимость в дополнительных площадях для размещения щитов, распределительных шкафов; трудность в перемещении технологического оборудования.

Выбор распределительных пунктов и шинопроводов происходит по току и количеству присоединений, в соответствии с условиям (4.18) и (4.19).

$$I_{расч} \leq I_{ном}, (A) \quad (4.18)$$

где $I_{расч}$ – расчетный ток СП или шинопровода (А);
 $I_{ном}$ – номинальный ток СП или шинопровода (А).

$$N_{факт} \leq N_{ном}, (шт) \quad (4.19)$$

где $N_{факт}$ – фактическое число присоединений (шт);
 $N_{ном}$ – номинальное число присоединений (шт).

В качестве распределительных пунктов выбираем шкафы серии ПР11, навесного исполнения (1,5 м над полом), которые рассчитаны на ввод и распределение трехфазной или однофазной электрической сети 380/220В, частотой 50Гц. Климатическое исполнение и категория размещения УХЛЗ.

Таблица 4.5 – Параметры силовых распределительных пунктов

Обозначение	Тип	Расчетный ток, $I_{расч}$, А	Номинальный ток, $I_{ном}$, А	Количество присоединений	
				номинальное	фактическое
1	2	3	4	5	6
СП-1	ПР11-7430-54-УХЛЗ	76,68	100	8	5
СП-2	ПР11-7430-54-УХЛЗ	69,53	100	8	5
СП-3	ПР11-7410-54-УХЛЗ	19,9	40	8	6
СП-4	ПР11-7410-54-УХЛЗ	34,98	40	8	6
СП-5	ПР11-7410-54-УХЛЗ	21,98	40	8	3
СП-6	ПР11-7410-54-УХЛЗ	17,24	40	8	5
СП-7	ПР11-7410-54-УХЛЗ	30,51	40	8	4
СП-8	ПР-11-3005-54-УХЛЗ	4,44	7	8	2

4.5. Расчет защитных аппаратов электрических устройств, приемников и электрических сетей

В качестве аппаратов защиты электроприемников и электрических сетей участка цеха устанавливаем автоматические выключатели. Автоматические выключатели одновременно выполняют функции защиты и управления: защищают кабели, провода, электрические сети и потребителей от перегрузки и короткого замыкания (сверхтоков короткого замыкания), а также обеспечивают нормальный режим протекания электротока в цепи и осуществляют управление участками электроцепей. Автоматы имеют защитные (спусковые) устройства двух типов: тепловое реле с выдержкой времени для защиты от перегрузки и электромагнитное реле для защиты от короткого замыкания.

Защита отдельных электроприемников и силовых пунктов от токов КЗ и перегрузок осуществляется автоматическими выключателями серии ВА.

Выбор автоматических выключателей для защиты линий (к СП или ШРА), питающих группу электроприемников, производим по следующему алгоритму.

Определим пиковый ток группы электроприемников (4.20).

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск. нб}} + (I_{\text{р. кн}} - k_{\text{и. нб}} I_{\text{ном. нб}}), (A) \quad (4.20)$$

где $I_{\text{пик}}$ – пиковый ток группы электроприемников (А);
 $I_{\text{пуск. нб}}$ – пусковой ток наибольшего по мощности ЭП в группе (А);
 $I_{\text{р}}$ – расчетный ток группы ЭП с учетом надежности (А);
 $k_{\text{и. нб}}$ – коэффициент использования, характерный для наибольшего по мощности ЭП в группе (о.е);
 $I_{\text{ном. нб}}$ – номинальный ток наибольшего по мощности ЭП в группе (А).

Расчетный ток с учетом коэффициента надежности отстройки от перегрузки определяется (4.21).

$$I_{\text{р. кн}} = I_{\text{р}} k_{\text{н}}, (A) \quad (4.21)$$

где $I_{\text{р. кн}}$ – расчетный ток группы электроприемников с учетом коэффициента надежности отстройки от перегрузки (А);
 $I_{\text{р}}$ – расчетный ток группы электроприемников (А);
 $k_{\text{н}}$ – коэффициент надежности, $k_{\text{н}} = 1, 1$ (о.е).

Тогда ток отсечки с учетом коэффициента отстройки отсечки определяется (4.22).

$$I_{\text{ок}} = I_{\text{пик}} k_{\text{омс}}, (A) \quad (4.22)$$

где $I_{\text{ок}}$ – ток отсечки с учетом коэффициента отстройки отсечки (А);
 $I_{\text{пик}}$ – пиковый ток группы электроприемников (А);
 $k_{\text{омс}}$ – коэффициент отстройки отсечки, $k_{\text{омс}} = 1, 2$ (о.е).

$$I_{ок} = I_{p, (A)} \quad (4.29)$$

где $I_{ок}$ – ток отсечки (А);
 $I_{p.кн} - I_{p.кн}$ – расчетный ток электроприемника с учетом коэффициента надежности (А).

Для наглядного примера произведем расчет и выбор автоматического выключателя для СП№1.

$$\begin{aligned} I_{p.кн1} &= 76,68 \cdot 1,1 = 84,35 (A) \\ I_{мик1} &= 252,57 + (84,35 - 0,16 \cdot 84,19) = 323,45 (A) \\ I_{ок1} &= 323,45 \cdot 1,2 = 388,14 (A) \end{aligned}$$

Согласно справочным данным выбираем автоматический выключатель ВА51–31 со следующими номинальными данными $I_{н.а} = 100 A$, $I_{н.р} = 100 A$.

$$\begin{aligned} 100 &\geq 100 \geq 84,35 (A) \\ k_{кр1} &= \frac{388,14}{100} = 3,88 (o.e) \\ k_{кр1} &\leq 3,88 \leq 10 \end{aligned}$$

Условие (4.26) выполняется, данный автоматический выключатель выбран верно. Дальнейший расчет и выбор для СП и ШРА ведется аналогично. Результаты расчета сведем в таблицу 3.7.

Произведем выбор автоматического выключателя для галтовочного барабана, двигательная нагрузка есть, результаты вычисления и выбора сведем в таблицу 3.7.

$$\begin{aligned} I_{p.кн1} &= 11,11 \cdot 1,1 = 12,22 (A) \\ I_{нук1} &= 12,22 \cdot 3 = 36,66 \\ I_{ок1} &= 36,66 \cdot 1,2 = 43,99 (A) \end{aligned}$$

Согласно справочным данным [9] выбираем автоматический выключатель ВА51–25 со следующими номинальными данными $I_{н.а} = 25 A$, $I_{н.р} = 25 A$. Условия (3.26) и (3.27) выполняются.

$$\begin{aligned} 25 &\geq 25 \geq 12,22 (A) \\ k_{кр1} &= \frac{43,99}{25} = 1,76 (o.e) \\ k_{кр1} &\leq 1,76 \leq 10 \end{aligned}$$

Дальнейший расчет и выбор ведется аналогично, результаты вычислений сведем в таблицу 4.7.

Таблица 4.6 – Выбор автоматических выключателей для СП и РУНН

№СП				k_n	$k_{омс}$		Тип ВА			Кратность к/г/л/м/к/д/з			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
СП-1	76,68	323,45	84,35	1,1	1,2	388,14	ВА 51-31	100	100	1,2	3,88	10	7
СП-2	69,53	235,4	76,48	1,1	1,2	282,48	ВА 51-31	100	80	1,2	3,53	10	7
СП-3	19,9	47,59	21,89	1,1	1,2	57,11	ВА 51-25	25	25	1,2	2,28	10	3
СП-4	34,98	111,48	38,48	1,1	1,2	133,78	ВА 51-31	100	40	1,2	3,34	10	6
СП-5	21,98	79,82	24,18	1,1	1,2	95,78	ВА 51-25	25	25	1,2	3,83	10	3
СП-6	17,24	36,54	18,96	1,1	1,2	43,85	ВА 51-31- 1	100	20	1,2	2,19	10	3,5
СП-7	30,51	199,05	33,56	1,1	1,2	238,86	ВА 51-31	100	40	1,2	5,97	10	6
СП-8	4,44	22,41	4,88	1,1	1,2	26,89	ВА 51-25	25	5	1,2	5,38	10	1,5
РУНН1	260,81	270,79	286,89	1,1	1,2	324,95	ВА 51-37	400	320	1,2	1,02	10	25
РУНН2	283,78	293,39	312,16	1,1	1,2	352,07	ВА 51-37	400	320	1,2	1,1	10	25

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат
------	------	----------	---------	-----

ЛП-08.02.09 ПЗ

Лис

52

$I_p, A \quad I_{пуск}, A \quad I_{р.кн}, A$ $k_y \quad I_{н.а}, AI_{н.р}, A \quad k_{кр. факткр. ном}$

Таблица 4.7 – Выбор автоматических выключателей для ЭП

№ЭП	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Тип ВА	Кратность выставки
1	11,11	36,66	12,22	3	1,1	1,2	43,99	ВА 51-25	25	25	1,2	1,76	10	3			
2	11,11	36,66	12,22	3	1,1	1,2	43,99	ВА 51-25	25	25	1,2	1,76	10	3			
3	75,48	249,0	83,03	3	1,1	1,2	298,91	ВА 51-31	100	100	1,2	2,99	10	7			
4	75,48	249,0	83,03	3	1,1	1,2	298,91	ВА 51-31	100	100	1,2	2,99	10	7			
5	57,58	190,0	63,34	3	1,1	1,2	228,02	ВА 51-31	100	80	1,2	2,85	10	7			
6	57,58	190,0	63,34	3	1,1	1,2	228,02	ВА 51-31	100	80	1,2	2,85	10	7			
7	24,55	81,03	27,01	3	1,1	1,2	97,24	ВА 51-31	100	31,5	1,2	3,09	10	6			
8	6,35	20,97	6,99	3	1,1	1,2	25,16	ВА 51-25	25	10	1,2	2,52	10	2,5			
9	6,35	20,97	6,99	3	1,1	1,2	25,16	ВА 51-25	25	10	1,2	2,52	10	2,5			
10	84,19	277,8	92,61	3	1,1	1,2	333,4	ВА 51-31	100	100	1,2	3,33	10	7			
11	9,31	30,72	10,24	3	1,1	1,2	36,86	ВА 51-25	25	12,5	1,2	2,95	10	2,5			
12	9,31	30,72	10,24	3	1,1	1,2	36,86	ВА 51-25	25	12,5	1,2	2,95	10	2,5			
13	9,31	30,72	10,24	3	1,1	1,2	36,86	ВА 51-25	25	12,5	1,2	2,95	10	2,5			
14	9,31	30,72	10,24	3	1,1	1,2	36,86	ВА 51-25	25	12,5	1,2	2,95	10	2,5			
15	9,31	30,72	10,24	3	1,1	1,2	36,86	ВА 51-25	25	12,5	1,2	2,95	10	2,5			
16	9,31	30,72	10,24	3	1,1	1,2	36,86	ВА 51-25	25	12,5	1,2	2,95	10	2,5			
17	15,01	49,53	16,51	3	1,1	1,2	59,44	ВА 51-25	25	20	1,2	2,97	10	3			
18	46,77	0	51,45	0	1,1	1,2	0	ВА 51-31	100	63	1,2	0	10	6			
19	46,77	0	51,45	0	1,1	1,2	0	ВА 51-31	100	63	1,2	0	10	6			
20	20,16	66,54	22,18	3	1,1	1,2	79,85	ВА 51-25	25	25	1,2	3,19	10	3			
21	20,16	66,54	22,18	3	1,1	1,2	79,85	ВА 51-25	25	25	1,2	3,19	10	3			
22	15,01	49,53	16,51	3	1,1	1,2	59,44	ВА 51-25	25	20	1,2	2,97	10	3			
23	68,37	0	75,21	0	1,1	1,2	0	ВА 51-31	100	80	1,2	0	10	7			
24	15,01	49,53	16,51	3	1,1	1,2	59,44	ВА 51-25	25	20	1,2	2,97	10	3			
25	15,01	49,53	16,51	3	1,1	1,2	59,44	ВА 51-25	25	20	1,2	2,97	10	3			
26	9,31	30,72	10,24	3	1,1	1,2	36,86	ВА 51-25	25	12,5	1,2	2,95	10	2,5			
27	26,45	87,3	29,1	3	1,1	1,2	104,76	ВА 51-31	100	31,5	1,2	3,33	10	6			
28	26,45	87,3	29,1	3	1,1	1,2	104,76	ВА 51-31	100	31,5	1,2	3,33	10	6			
29	32	0	35,2	0	1,1	1,2	0	ВА 51-31	100	40	1,2	0	10	6			
30	32	0	35,2	0	1,1	1,2	0	ВА 51-31	100	40	1,2	0	10	6			
31	6,37	21,03	7,01	3	1,1	1,2	25,24	ВА 51-25	25	8	1,2	3,16	10	2			
32	7,61	25,11	8,37	3	1,1	1,2	30,13	ВА 51-25	25	10	1,2	3,01	10	2,5			
33	7,61	25,11	8,37	3	1,1	1,2	30,13	ВА 51-25	25	10	1,2	3,01	10	2,5			
34	7,61	25,11	8,37	3	1,1	1,2	30,13	ВА 51-25	25	10	1,2	3,01	10	2,5			
35	7,61	25,11	8,37	3	1,1	1,2	30,13	ВА 51-25	25	10	1,2	3,01	10	2,5			
36	63,65	210,0	70,02	3	1,1	1,2	252,07	ВА 51-31	100	80	1,2	3,15	10	7			
37	60,77	0	66,85	0	1,1	1,2	0	ВА 51-31	100	80	1,2	0	10	7			

Продолжение таблицы 4.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
38	30,39	0	33,43	0	1,1	1,2	0	BA 51-31	100	40	1,2	0	10	6
39	30,39	0	33,43	0	1,1	1,2	0	BA 51-31	100	40	1,2	0	10	6
40	60,77	0	66,85	0	1,1	1,2	0	BA 51-31	100	80	1,2	0	10	7
41	68,37	0	75,21	0	1,1	1,2	0	BA 51-31	100	80	1,2	0	10	7
42	68,37	0	75,21	0	1,1	1,2	0	BA 51-31	100	80	1,2	0	10	7
43	30,39	0	33,43	0	1,1	1,2	0	BA 51-31	100	40	1,2	0	10	6
44	30,39	0	33,43	0	1,1	1,2	0	BA 51-31	100	40	1,2	0	10	6
45	6,35	20,97	6,99	3	1,1	1,2	25,16	BA 51-25	25	10	1,2	2,52	10	2,5
46	2,87	9,48	3,16	3	1,1	1,2	11,38	BA 51-31	25	10	1,2	1,14	10	2,5
47	22,79	0	25,07	0	1,1	1,2	0	BA 51-31	100	31,5	1,2	0	10	6
48	12,2	40,26	13,42	3	1,1	1,2	48,31	BA 51-25	25	16	1,2	3,02	10	3
49	22,79	0	25,07	0	1,1	1,2	0	BA 51-31	100	31,5	1,2	0	10	6
50	63,65	210,0	70,02	3	1,1	1,2	252,07	BA 51-31	100	80	1,2	3,15	10	7
51	12,2	40,26	13,42	3	1,1	1,2	48,31	BA 51-25	25	25	1,2	1,93	10	3

4.6. Выбор сечений проводов и жил кабелей.

Цеховую электрическую сеть выполняем кабельными линиями, проложенными в трубах. Преимущество данной прокладки заключается в том, что она позволяет защитить кабели от механических повреждений, а так же удобство осмотра и ревизии. Недостаток – высокие капитальные затраты.

Распределительная сеть выполняется четырехжильными кабельными линиями напряжением 380 В марки АВВГ, проложенными в специальных каналах. В полу цеха сооружается канал из железобетона или кирпича, который перекрывается железобетонными плитами или стальными рифлеными листами. Кабели внутри канала укладываются на сборные конструкции, установленные на боковых стенах.

Питающая сеть в данном цеху выполняется четырехжильными кабельными линиями напряжением 380 В марки АВВГ, и прокладывается в трубах.

Главным параметром при выборе КЛ будет являться условие окружающей среды. В данном цехе нормальные условия окружающей среды, выберем КЛ марки АВВГ (силовой кабель с алюминиевыми жилами с изолированной оболочкой из поливинилхлоридного пластика, без защитного покрова). Ранее уже был выбран способ прокладки – в трубах. Класс напряжения 380В, выбираем 4х жильный кабель.

Сечение кабеля выбираем по расчетному допустимому току нагрева, согласно выражению (4.30).

$$I_{\text{доп. п.}} = \frac{I_{\text{расч}}}{k_n}, (A) \quad (4.30)$$

где $I_{\text{доп. п.}}$ – расчетный допустимый ток нагрева проводника (А);
 $I_{\text{расч}}$ – расчетный ток электроприемника (А);
 k_n – поправочный коэффициент, учитывает прокладку.

Сечения проводов и жил кабелей цеховой сети должны соответствовать условиям (4.31) и (4.32)

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{доп. п.}}, (A) \quad (4.31)$$

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{н. а}} K_{\text{защ}}, (A) \quad (4.32)$$

где $I_{\text{доп}}$ – допустимый ток нагрева кабеля (А);
 $I_{\text{доп. п.}}$ – расчетный допустимый ток нагрева проводника (А);
 $I_{\text{н. а}}$ – номинальный ток автомата (А);
 $k_{\text{защ}}$ – коэффициент защиты, $k_{\text{защ}} = 1$.

Выберем кабель для трассы, шины низкого напряжения – СП№1.
 (Вариант№1): $I_{\text{расч}} = 76,68 \text{ А}$; $I_{\text{н. а}} = 100 \text{ А}$; $I_{\text{н. п.}} = 100 \text{ А}$

$$I_{\text{доп. п.}} = \frac{76,68}{0,95} = 80,72 (A)$$

$$I_{дон} \geq 80,72(A)$$

$$I_{дон} \geq 100 \cdot 1 \geq 100(A)$$

Выбираем кабель АВВГ 4х35, $I_{дон} = 114(A)$.

$$114 \geq 100 \geq 80,72(A)$$

Условия (4.31) и (4.32) выполняются. Дальнейший выбор КЛ для всех ЭП и СП аналогичен, для ШРА кабель не выбираем так как он на жестком вводе. Сведем данные в таблицы 4.8. Длину кабеля учитываем со спуском от СП.

Таблица 4.8– Выбор КЛ для электроприемников цеха

Трасса		Длина, м	Способ прокладки	$I_{расч}, A$	$I_{н.а}, A$	$I_{н.р}, A$	k_n	$I_{дон.р}, A$	$I_{дон}, A$	Кабель	
начало	конец									марка	количество и сечение жил
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
РУНН	СП-1	9,12	В трубах	76,68	100	100	0,95	80,72	114	АВВГ	4х35
РУНН	СП-2	8,24	В трубах	69,53	100	80	0,95	73,19	114	АВВГ	4х35
РУНН	СП-3	8,262	В трубах	19,9	25	25	0,95	20,95	26	АВВГ	4х2,5
РУНН	СП-4	12,578	В трубах	34,98	100	40	0,95	36,82	114	АВВГ	4х35
РУНН	СП-5	14,324	В трубах	21,98	25	25	0,95	23,14	26	АВВГ	4х2,5
РУНН	СП-6	13,972	В трубах	17,24	100	20	0,95	18,15	114	АВВГ	4х35
РУНН	СП-7	24,6	В трубах	30,51	100	40	0,95	32,12	114	АВВГ	4х35
РУНН	СП-8	21,264	В трубах	4,44	25	5	0,95	4,67	26	АВВГ	4х2,5
СП-1	1	7,38	В трубах	11,11	25	25	0,95	11,69	26	АВВГ	4х2,5
СП-1	2	4,386	В трубах	11,11	25	25	0,95	11,69	26	АВВГ	4х2,5
СП-1	3	0,88	В трубах	75,48	100	100	0,95	79,45	114	АВВГ	4х35
СП-1	4	3,442	В трубах	75,48	100	100	0,95	79,45	114	АВВГ	4х35
СП-2	5	6,898	В трубах	57,58	100	80	0,95	60,61	114	АВВГ	4х35
СП-2	6	1,048	В трубах	57,58	100	80	0,95	60,61	114	АВВГ	4х35
СП-2	7	0,615	В трубах	24,55	100	31,5	0,95	25,84	114	АВВГ	4х35
СП-2	8	3,724	В трубах	6,35	25	10	0,95	6,68	26	АВВГ	4х2,5
СП-2	9	4,476	В трубах	6,35	25	10	0,95	6,68	26	АВВГ	4х2,5
СП-1	10	6,126	В трубах	84,19	100	100	0,95	88,62	114	АВВГ	4х35
СП-3	11	3,85	В трубах	9,31	25	12,5	0,95	9,8	26	АВВГ	4х2,5
СП-3	12	5,094	В трубах	9,31	25	12,5	0,95	9,8	26	АВВГ	4х2,5
СП-3	13	0,7752	В трубах	9,31	25	12,5	0,95	9,8	26	АВВГ	4х2,5
СП-3	14	3,7122	В трубах	9,31	25	12,5	0,95	9,8	26	АВВГ	4х2,5
СП-3	15	0,7974	В трубах	9,31	25	12,5	0,95	9,8	26	АВВГ	4х2,5
СП-3	16	3,714	В трубах	9,31	25	12,5	0,95	9,8	26	АВВГ	4х2,5
СП-4	17	7,188	В трубах	15,01	25	20	0,95	15,8	26	АВВГ	4х2,5
КТП	18	6,992	В трубах	46,77	100	63	0,95	49,23	123	ВВГнг	4х25
КТП	19	8,4	В трубах	46,77	100	63	0,95	49,23	123	ВВГнг	4х25
СП-5	20	2,961	В трубах	20,16	25	25	0,95	21,22	26	АВВГ	4х2,5
СП-5	21	3,624	В трубах	20,16	25	25	0,95	21,22	26	АВВГ	4х2,5
СП-5	22	0,8	В трубах	15,01	25	20	0,95	15,8	26	АВВГ	4х2,5

Продолжение таблицы 4.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
КТП	23	20,004	В трубах	68,37	100	80	0,95	71,97	123	ВВГнг	4х25
СП-4	24	2,888	В трубах	15,01	25	20	0,95	15,8	26	АВВГ	4х2,5

4.7. Расчет потерь активной и реактивной мощности и потерь напряжения в цеховой распределительной сети.

Потребители электрической энергии работают нормально, когда на их зажимы подается то напряжение, на которое рассчитаны данный электродвигатель или устройство. При передаче электроэнергии по проводам часть напряжения теряется на сопротивление проводов и в результате в конце линии, т. е. у потребителя, напряжение получается меньшим, чем в начале линии.

Согласно ПУЭ, для силовых сетей отклонение напряжения от нормального должно составлять не более $\pm 5\%$.

Потери напряжения относительно номинального напряжения сети для выбранного сечения кабелей определяются по формуле (4.33).

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{расч} \cdot L (r_{уд} \cdot \cos \varphi + x_{уд} \cdot \sin \varphi)}{U_{ном}} \cdot 100\% \quad (4.33)$$

где ΔU – потери напряжения в кабеле (%);
 $I_{расч}$ – расчетный ток электроприемника (А);
 L – длина кабеля (м);
 $U_{ном}$ – номинальное напряжение сети $U_{ном} = 380$ (В);
 $r_{уд}$ – удельное активное сопротивление кабеля (Ом/м);
 $x_{уд}$ – удельное реактивное сопротивление кабеля (Ом/м);
 $\cos \varphi$ – коэффициент активной мощности ЭП (о.е);
 $\sin \varphi$ – коэффициент реактивной мощности ЭП (о.е).

Потери активной и реактивной мощностей находятся по формулам (4.34) и (4.35), соответственно.

$$\Delta P = 3 I_{расч}^2 r_{уд} L \cdot 10^{-3}, \text{ (кВт)} \quad (4.34)$$

$$\Delta Q = 3 I_{расч}^2 x_{уд} L \cdot 10^{-3}, \text{ (кВар)} \quad (4.35)$$

где ΔP – потери активной мощности в кабеле (кВт);
 ΔQ – потери реактивной мощности в кабеле (кВар);
 $I_{расч}$ – расчетный ток электроприемника (А);
 L – длина кабеля (м);
 $r_{уд}$ – удельное активное сопротивление кабеля (Ом/м);
 $x_{уд}$ – удельное реактивное сопротивление кабеля (Ом/м).

Далее определим потери энергии для каждого кабеля (4.36).

$$\Delta W = \Delta P \cdot \tau, \text{ (кВт} \cdot \text{час)} \quad (4.36)$$

где ΔW – потери электроэнергии в кабеле (кВт · час);
 ΔP – потери активной мощности в кабеле (кВт);
 τ – время потерь (час).

Время потерь определяется по выражению (4.37).

Изм.

Лист

Таблица 4.9 – Расчет потерь для КЛ

Трасса		Длина, м	$I_{расч}$, А	Кабель				$\cos \varphi$	$\sin \varphi$	τ , час	, %	, кВт	, кВт	, кВт·час
начало	конец			марка	количество и сечение жил	$r_{уд}$, Ом/м	$x_{уд}$, Ом/м							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
РУНН	СП-1	9,12	76,68	АВВГ	4x35	0,00092	0,0000637	0,64	0,77	1968,16	0,203	0,148	0,0102	291,29
РУНН	СП-2	8,24	69,53	АВВГ	4x35	0,00092	0,0000637	0,66	0,75	1968,16	0,171	0,11	0,0076	216,5
РУНН	СП-3	8,26	19,9	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,62	0,124	0,0011	244,05
РУНН	СП-4	12,58	34,98	АВВГ	4x35	0,00092	0,0000637	0,65	0,76	1968,16	0,13	0,042	0,0029	82,66
РУНН	СП-5	14,32	21,98	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	1,188	0,262	0,0024	515,66
РУНН	СП-6	13,97	17,24	АВВГ	4x35	0,00092	0,0000637	0,65	0,76	1968,16	0,071	0,011	0,0008	21,65
РУНН	СП-7	24,60	30,51	АВВГ	4x35	0,00092	0,0000637	0,72	0,69	1968,16	0,242	0,063	0,0044	123,99
РУНН	СП-8	21,26	4,44	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,356	0,016	0,0001	31,49
СП-1	1	2,38	11,11	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,309	0,034	0,0003	66,92
СП-1	2	4,39	11,11	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,184	0,02	0,0002	39,36
СП-1	3	0,88	75,48	АВВГ	4x35	0,00092	0,0000637	0,65	0,76	1968,16	0,02	0,014	0,001	27,55
СП-1	4	3,44	75,48	АВВГ	4x35	0,00092	0,0000637	0,65	0,76	1968,16	0,077	0,054	0,0037	106,28
СП-2	5	6,90	57,58	АВВГ	4x35	0,00092	0,0000637	0,65	0,76	1968,16	0,117	0,063	0,0044	123,99
СП-2	6	1,05	57,58	АВВГ	4x35	0,00092	0,0000637	0,65	0,76	1968,16	0,018	0,01	0,0007	19,68
СП-2	7	0,62	24,55	АВВГ	4x35	0,00092	0,0000637	0,7	0,71	1968,16	0,005	0,001	0,0001	1,97
СП-2	8	3,72	6,35	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,089	0,006	0,0001	11,81
СП-2	9	4,48	6,35	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,107	0,007	0,0001	13,78
СП-1	10	6,13	84,19	АВВГ	4x35	0,00092	0,0000637	0,6	0,8	1968,16	0,142	0,12	0,0083	236,18
СП-3	11	3,85	9,31	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,135	0,013	0,0001	25,59
СП-3	12	5,09	9,31	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,179	0,017	0,0002	33,46
СП-3	13	0,78	9,31	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,027	0,003	0	5,9
СП-3	14	3,71	9,31	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,13	0,012	0,0001	23,62
СП-3	15	0,80	9,31	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,028	0,003	0	5,9
СП-3	16	3,71	9,31	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,13	0,012	0,0001	23,62
СП-4	17	7,19	15,01	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,407	0,061	0,0006	120,06
КТП	18	6,99	46,77	ВВГнг	4x25	0,00074	0,0000662	0,65	0,76	1968,16	0,079	0,034	0,003	66,92
КТП	19	8,40	46,77	ВВГнг	4x25	0,00074	0,0000662	0,65	0,76	1968,16	0,095	0,041	0,0036	80,69
СП-5	20	2,96	20,16	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,225	0,045	0,0004	88,57
СП-5	21	3,62	20,16	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,276	0,056	0,0005	110,22
СП-5	22	0,80	15,01	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,045	0,007	0,0001	13,78
КТП	23	20,00	68,37	ВВГнг	4x25	0,00074	0,0000662	1	0	1968,16	0,461	0,208	0,0186	409,38

60

Лист

Изм.															
Лист															
№ докум.															
Подпись															
Дат															
Продолжение таблицы 4.9															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	СП-4	24	2,89	15,01	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,164	0,025	0,0002	49,2
	СП-4	25	4,49	15,01	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,254	0,038	0,0004	74,79
	СП-4	26	3,30	9,31	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,116	0,011	0,0001	21,65
	СП-4	27	3,30	26,45	АВВГ	4x35	0,00092	0,0000637	0,65	0,76	1968,16	0,026	0,006	0,0004	11,81
	СП-4	28	3,84	26,45	АВВГ	4x35	0,00092	0,0000637	0,65	0,76	1968,16	0,03	0,007	0,0005	13,78
	КТП	29	15,06	46,77	ВВГнг	4x25	0,00074	0,0000662	0,95	0,31	1968,16	0,232	0,073	0,0065	143,68
	КТП	30	11,11	46,77	ВВГнг	4x25	0,00074	0,0000662	0,95	0,31	1968,16	0,171	0,054	0,0048	106,28
	СП-6	31	4,60	9,31	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,95	0,31	1968,16	0,234	0,015	0,0001	29,52
	СП-6	32	5,25	9,31	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,95	0,31	1968,16	0,267	0,017	0,0002	33,46
	СП-6	33	1,30	9,31	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,95	0,31	1968,16	0,066	0,004	0	7,87
	СП-6	34	3,09	9,31	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,95	0,31	1968,16	0,158	0,01	0,0001	19,68
	СП-6	35	1,30	9,31	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,95	0,31	1968,16	0,066	0,004	0	7,87
	СП-7	36	8,30	63,65	АВВГ	4x35	0,00092	0,0000637	0,6	0,8	1968,16	0,145	0,093	0,0064	183,04
	КТП	37	18,50	60,77	ВВГнг	4x25	0,00074	0,0000662	1	0	1968,16	0,379	0,152	0,0136	299,16
	КТП	38	21,77	30,39	ВВГнг	4x25	0,00074	0,0000662	1	0	1968,16	0,223	0,045	0,004	88,57
	КТП	39	25,35	30,39	ВВГнг	4x25	0,00074	0,0000662	1	0	1968,16	0,26	0,052	0,0046	102,34
	КТП	40	26,65	60,77	ВВГнг	4x25	0,00074	0,0000662	1	0	1968,16	0,546	0,218	0,0195	429,06
	КТП	41	19,33	68,37	ВВГнг	4x25	0,00074	0,0000662	1	0	1968,16	0,446	0,201	0,0179	395,6
	КТП	42	17,95	68,37	ВВГнг	4x25	0,00074	0,0000662	1	0	1968,16	0,414	0,186	0,0167	366,08
	КТП	43	18,62	30,39	ВВГнг	4x25	0,00074	0,0000662	1	0	1968,16	0,191	0,038	0,0034	74,79
	КТП	44	21,67	30,39	ВВГнг	4x25	0,00074	0,0000662	1	0	1968,16	0,222	0,044	0,004	86,6
	СП-8	45	0,72	6,35	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,017	0,001	0	1,97
	СП-8	46	2,94	2,87	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,65	0,76	1968,16	0,032	0,001	0	1,97
	КТП	47	17,65	22,79	ВВГнг	4x25	0,00074	0,0000662	1	0	1968,16	0,136	0,02	0,0018	39,36
	СП-7	48	2,99	12,2	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,8	0,6	1968,16	0,169	0,017	0,0002	33,46
	КТП	49	21,64	22,79	ВВГнг	4x25	0,00074	0,0000662	1	0	1968,16	0,166	0,025	0,0022	49,2
	СП-7	50	3,47	63,65	АВВГ	4x35	0,00092	0,0000637	0,6	0,8	1968,16	0,061	0,039	0,0027	76,76
	СП-7	51	1,79	12,2	АВВГ	4x2,5	0,0126	0,000116	0,8	0,6	1968,16	0,101	0,01	0,0001	19,68
Итого потери электроэнергии, кВт·час/год													5949,75		

4.8. Выбор единичных мощностей и количества трансформаторов цеховых ТП и ВРУ

Правильный выбор числа и мощности трансформатора на подстанции является одним из основных вопросов рационального построения системы электроснабжения. В нормальных условиях силовые трансформаторы должны обеспечить питание всех электропотребителей объекта.

Двухтрансформаторные подстанции применяются для питания электропотребителей 2 и 1 категории, кроме того, 2-х трансформаторные подстанции целесообразно выбирать при не равномерном годовом графике электронагрузки предприятия, а также при сезонном режиме работы одно – или двух сменных предприятий, со значительной разницей в загрузке смен. В этих случаях режимах минимальных нагрузок целесообразно отключать один из двух трансформаторных подстанции.

Проектируемый участок термического цеха №1 завода инструментального относится к II категории надежности, поэтому принимаем к установке два трансформатора.

Выбор мощности трансформаторов производится исходя из расчетной нагрузки объекта электроснабжения, допустимой перегрузки трансформатора.

Согласно ПУЭ при выборе мощности трансформатора рекомендуется на двух–трансформаторной подстанции применять однотипные трансформаторы одной мощности. При выборе двух трансформаторов на подстанцию мощность каждого трансформатора должна быть выбрана с таким учетом, чтобы при выходе из строя одного из трансформаторов оставшийся в работе трансформатор мог бы нести всю нагрузку потребителей 1 и 2 категории, и был бы загружен при этом не более чем на 140%.

Если известна полная расчетная мощность объекта проектирования S_p и коэффициент допустимой перегрузки трансформатора, можно определить расчетную номинальную мощность трансформатора, согласно формуле (4.38).

$$S_{H.T} = \frac{S_{pc}}{\beta_{m.o}} N, (кВА) \quad (4.38)$$

где $S_{H.T}$ – расчетная номинальная мощность трансформатора (кВА);
 S_{pc} – полная расчетная мощность объекта проектирования (цеха) (кВА);
 $\beta_{m.o}$ – коэффициент допустимой перегрузки трансформатора (о.е);
 N – количество трансформаторов на КТП (шт).

Убедимся в необходимом количестве трансформаторов.

Значения суммарных активных и реактивных мощностей второго уровня были определены ранее, при расчете таблицы РТМ (таблица № 4.2).

$$P_{pl} = 357,56 \text{ кВт}$$

										Лис
										62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

$$Q_{pII} = 94,48 \text{ кВт}$$

Суммарные потери активной мощности в сети 0,4кВ составляют 3,4%, тогда суммарная расчетная активная мощность цеха с учетом потерь будет определяться по формуле (4.39).

$$P_{p\Sigma} = P_{pII} + \Delta P_{pII}, (\text{кВт}) \quad (4.39)$$

где $P_{p\Sigma}$ – суммарная расчетная активная мощность (кВт);
 P_{pII} – расчетная активная мощность второго уровня (кВт);
 ΔP_{pII} – потери активной мощности в сети 0,4 кВ (кВт)

Определим потери активной мощности в сети 0,4 кВ (4.40)

$$\Delta P_{pII} = 0,034 P_{pII}, (\text{кВт}) \quad (4.40)$$

$$\Delta P_{pII} = 0,034 \cdot 357,56 = 12,16 (\text{кВт})$$

Тогда суммарная расчетная активная будет иметь следующее значение:

$$P_{p\Sigma} = 357,56 + 12,16 = 369,72 (\text{кВт})$$

Тогда определяем полную расчетную мощность цеха (4.41).

$$S_{pц} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{pII}^2}, (\text{кВА}) \quad (4.41)$$

где Q_{pII} – расчетная реактивная мощность второго уровня цеха (кВар);
 $P_{p\Sigma}$ – суммарная расчетная активная мощность (кВт);
 $S_{pц}$ – расчетная полная мощность цеха (кВА)

$$S_{pц} = \sqrt{369,72^2 + 94,48^2} = 381,60 (\text{кВА})$$

Определим плотность загрузки цеха, согласно формуле (4.42)

$$\sigma = \frac{S_{pц}}{A \times B}, (\text{кВА/м}^2) \quad (3.5)$$

где $S_{pц}$ – расчетная полная мощность цеха (кВА)
 A – длина цеха (м);
 B – ширина цеха (м);
 σ – удельная плотность загрузки цеха (кВА/м²).

$$\sigma = \frac{381,60}{36 \times 24} = 0,44 (\text{кВА/м}^2)$$

Исходя из расчетов удельной плотности загрузки, трансформатор по полной мощности не должен превышать 2500 кВА.

Для данного объекта (цеха) $\beta_{m,0} = 0,7$ т.к. в цехе преобладают электроприемники II категории надёжности, предположим, что питание сети осуществляется от двухтрансформаторной подстанции.

Теперь найдем полную расчетную мощность для двух трансформаторов, согласно (4.38).

$$S_{H.T} = \frac{381,60}{2 \cdot 0,7} = 272,57 (\text{кВА})$$

Принимаем трансформатор с номинальной полной мощностью $S_H = 400$ кВА. Определим точное число трансформаторов (4.39).

$$N = \frac{P_{p\Sigma}}{\beta_{m.\delta} S_H}, (шт) \quad (4.39)$$

где N – количество трансформаторов на КТП (шт);
 $P_{p\Sigma}$ – суммарная расчетная активная мощность (кВт);
 S_H – номинальная мощность трансформатора (кВА);
 $\beta_{m.\delta}$ – коэффициент допустимой перегрузки трансформатора (о.е)

$$N = \frac{369,72}{0,7 \cdot 400} = 1,32 \Rightarrow 2 (шт)$$

Определим значения коэффициентов загрузки и перегрузки.

$$K_z = \frac{S_{pu}}{2S_H} \quad (4.40)$$

$$K_{nep} = \frac{S_{pu}}{S_H} \quad (4.41)$$

$$K_{nep} \leq 1,4 \quad (4.42)$$

где K_z – коэффициент загрузки;
 K_{nep} – коэффициент перегрузки;
 S_H – номинальная мощность трансформатора (кВА);
 S_{pu} – полная расчетная мощность объекта проектирования (кВА).

$$K_z = \frac{381,60}{2 \cdot 400} = 0,48$$

$$K_{nep} = \frac{381,60}{400} = 0,95$$
$$0,95 \leq 1,4$$

По расчетной нагрузке выбираем КТП-ТК-2×400-10/0,4-У1. Технические данные КТП представлены в таблице 4.10, а технические данные трансформатора в таблице 4.11.

Таблица 4.10 – Технические данные КТП-ТК-400-10/0,4-У1

Наименование параметра	Значение
Тип подстанции	тупиковая
Тип силового трансформатора	ТМГ
Мощность силового трансформатора	2x400 кВА
Схема и группа соединений обмоток трансформатора	Y/Y-0
Номинальное напряжение (линейное) на стороне ВН	10 кВ
Наибольшее рабочее напряжение на стороне ВН, кВ	12 кВ
Номинальное напряжение на стороне НН	0,4 кВ
Ток сборных шин (на стороне НН), кА	0,58
Ток термической стойкости ВН, кА (в течение 1 с)	21
Ток электродинамической стойкости на стороне ВН, кА	51
Ток термической стойкости НН, кА (в течение 1 с)	25
Исполнение ввода ВН	воздушный
Исполнение вводов НН	кабельный
Количество отходящих линий	не более 16

Таблица 4.11 – Технические данные трансформаторов ТМГ-400/10

Тип	Номинальная мощность, кВА	Номинальное напряжение, кВ		Потери, кВт		Ток хх, %	Напряжение кз, %
		ВН	НН	хх	кз		
ТМГ	400	10	0,4	0,9	5,5	1,8	4,5

Таблица 4.12 – Результирующие нагрузки трансформаторной подстанции

Наименование	Коэффициент реактивной мощности $\text{tg}\varphi$	Расчетная нагрузка			Количество и мощность трансформаторов
		кВт	кВАр	кВА	
		P_p	Q_p	S_p	
1	2	3	4	5	6
КТП					
Силовая нагрузка 0,4 кВ	0,26	354,71	93,54	366,84	
Осветительная нагрузка	0,33	2,85	0,9405	3	
Итого на стороне 0,4 кВ без учета потерь в сети 0,4 кВ	0,26	357,56	94,48	369,84	
Потери в сети 0,4 кВ		12,16	–	–	
Итого на стороне 0,4 кВ с учетом потерь в сети 0,4 кВ	0,26	369,72	94,48	381,60	2x(ТМГ-400/10/0,4)
Потери в трансформаторах		4,30	22,59		
Итого на стороне ВН 10 кВ с учетом предельного $\text{tg}\varphi$	0,31	374,02	117,07	391,91	

4.10. Определение сечения линий связи цеха с источником питания

Определим сечение линий связи цеха с источником питания. Сечения проводов в сетях выше 1000 В выбираются по экономической плотности тока, соответствующее режиму максимальных нагрузок, формула (4.51).

$$F_p = \frac{I_p}{j_n}, (\text{мм}^2) \quad (4.51)$$

где F_p – расчетное сечение линии связи цеха с источником питания (мм^2);
 I_p – расчетный ток линии в нормальном режиме работы, т.е. увеличение тока в послеаварийных и ремонтных режимах сети не учитывается (А);
 j_n — нормированная плотность тока (А/мм^2).

В соответствии с таблицей 4.13 определим значение нормированной плотности тока. Учтем, что цех работает в две смены и принимаем число использования максимума нагрузки $T_{max}=3500(\text{ч})$. Провода принимаем алюминиевые. Принимаем нормированную плотность тока $j_n=1,1(\text{А/мм}^2)$.

Таблица 4.13 – Нормированные значения плотности тока

Проводник – неизолированные провода	T_{max} , (ч)		
	1000-3000	3000-5000	5000-8700
Медные	2,5	2,1	1,8
Алюминиевые	1,3	1,1	1,0

Определим значение расчетного тока в линии в нормальном режиме (4.52). Увеличение тока в послеаварийных и ремонтных режимах сети не учитываем.

$$I_p = \frac{S_{IV}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}}, (\text{А}) \quad (4.52)$$

где I_p – расчетный ток линии в нормальном режиме работы, т.е. увеличение тока в послеаварийных и ремонтных режимах сети не учитывается (А);

S_{IV} – расчетная полная мощность четвертого уровня цеха (кВА);

n – количество линий (шт).

$U_{ном}$ – номинальное напряжение линии, $U_{ном}=10\text{кВ}$.

$$I_p = \frac{391,91}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 11,3 (\text{А})$$

$$F = \frac{11,3}{1,1} = 10,3 (\text{мм}^2)$$

Ближайшее стандартное сечение – 25 мм^2 . Принимаем сталеалюминиевый провод марки СИП-3, $I_{дон}=130\text{А}$

Расчетный ток линии должен быть меньше длительного допустимого тока, в соответствии с условием (4.53).

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{расч} \cdot L (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi)}{U_{ном}} \cdot 100\% \quad (4.58)$$

- где ΔU – потери напряжения в линии (%);
 $I_{расч}$ – расчетный ток линии (А);
 L – длина линии (км);
 $U_{ном}$ – номинальное напряжение сети $U_{ном} = 10000$ (В);
 r_0 – удельное активное сопротивление линии (Ом/км);
 x_0 – удельное реактивное сопротивление линии (Ом/км);
 $\cos \varphi$ – коэффициент активной мощности КТП (о.е);
 $\sin \varphi$ – коэффициент реактивной мощности КТП (о.е).

Значения $\cos \varphi$ и $\sin \varphi$ найдем через $tg \varphi$, определенный в таблице результирующих нагрузок трансформаторной подстанции Все вычисления потерь сведем в таблицу 4.14.

$$\Delta P_{ЛЭП} = \left(\frac{391,91}{10} \right)^2 \frac{1,26 \cdot 3,5}{2} \cdot 10^{-3} = 3,39 (\text{кВт})$$

$$\Delta Q_{ЛЭП} = \left(\frac{391,91}{10} \right)^2 \frac{0,99 \cdot 3,5}{2} \cdot 10^{-3} = 2,66 (\text{кВар})$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 11,31 \cdot 3,5 \cdot (1,26 \cdot 0,96 + 0,99 \cdot 0,30)}{10000} \cdot 100\% = 1,03\%$$

$$1,03\% < 5\%$$

Значение потерь напряжения допустимы.

Таблица 4.14 – Выбор линии ЛЭП и расчет ее потерь. $\cos \varphi$ $\sin \varphi$ $\Delta P_{ЛЭП}$ $\Delta Q_{ЛЭП}$

Марка линии	F_p	F_n	L	I_p	$I_{нб}$	$I_{дон}$	r_0	x_0				n			ΔU
	$мм^2$	$мм^2$	км	А	А	А	Ом/км	Ом/км	о.е.	о.е.	о.е.	шт	кВт	кВар	%
СИП-3	10,3	25	3,5	11,3	22,6	130	1,26	0,99	0,31	0,96	0,30	2	3,39	2,66	1,03

По расчетным данным выбираем выключатель напряжения 10кВ, для шин ВН КТП, в соответствии с условиями (4.64) и (4.65).

$$U_{уст} \leq U_{ном}, (кВ) \quad (4.64)$$

$$I_{нбV} \leq I_{ном} \quad (4.65)$$

где $I_{ном}$ — номинальный ток автомата (А);
 $I_{нбV}$ — послеаварийный ток для пятого уровня электроснабжения, при условии отключения одной из питающих линий (А).
 $U_{уст}$ — напряжение на линии (кВ)
 $U_{ном}$ — номинальное напряжение автомата (кВ)

В качестве коммутационного аппарата, выбираем выключатель ВР1-10-20/630 У2 с предельной отключающей способностью 20кА, его технические данные представим в таблице 4.15.

$$10(кВ) \leq 10(кВ)$$

$$22,68(А) \leq 630(А)$$

Таблица 4.15 – Технические данные выключателя.

Параметр	Значение параметра
Номинальное напряжение, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный ток, А	630
Номинальный ток отключения, кА	20
Ток термической стойкости, кА (3 с)	20
Ток электродинамической стойкости, кА	54
Полное время отключения, мс, не более	57
Собственное время включения, мс, не более	90
Собственное время отключения, мс, не более	42

5. Проверка элементов цеховой сети

Проверкой элементов сети, является проверка выключателей на отключающую способность трехфазного короткого замыкания и чувствительность к однофазным КЗ. Поэтому прежде произведем расчет токов однофазного и трехфазного КЗ.

5.1. Расчет токов трехфазного короткого замыкания.

Коротким замыканием (КЗ.) называется всякое случайное или преднамеренное, не предусмотренное нормальным режимом работы, электрическое соединение различных точек электроустановки между собой и землей, при котором токи в аппаратах и проводниках, примыкающих к месту присоединения резко возрастают, превышая, как правило, расчетные значения нормального режима.

Для проверки электрических аппаратов и проводников необходимо произвести расчет токов короткого замыкания (КЗ). Для этого достаточно определить ток трехфазного КЗ в месте повреждения.

Расчет токов КЗ в сетях напряжением до 1 кВ выполняется, как правило, в именованных единицах (мОм). При этом учитываются активные и индуктивные сопротивления всех элементов цепи КЗ.

Для определения токов КЗ на расчетной схеме наметим характерные точки КЗ, в которых токи имеют максимальные значения. На основании расчетной схемы составим схему замещения. Схема замещения представляет собой упрощенную однолинейную схему, на которой указываются все элементы системы электроснабжения и их параметры, влияющие на ток короткого замыкания, здесь же указываются точки, в которых необходимо определить ток короткого замыкания.

Расчет будем выполнять в относительных единицах. Базисную мощность принимаем равной $S_б=100$ МВА. В качестве базисного напряжения принимаем среднее напряжение той ступени, на которой имеет место КЗ, $U_{ср.ном}=10,5$ кВ.

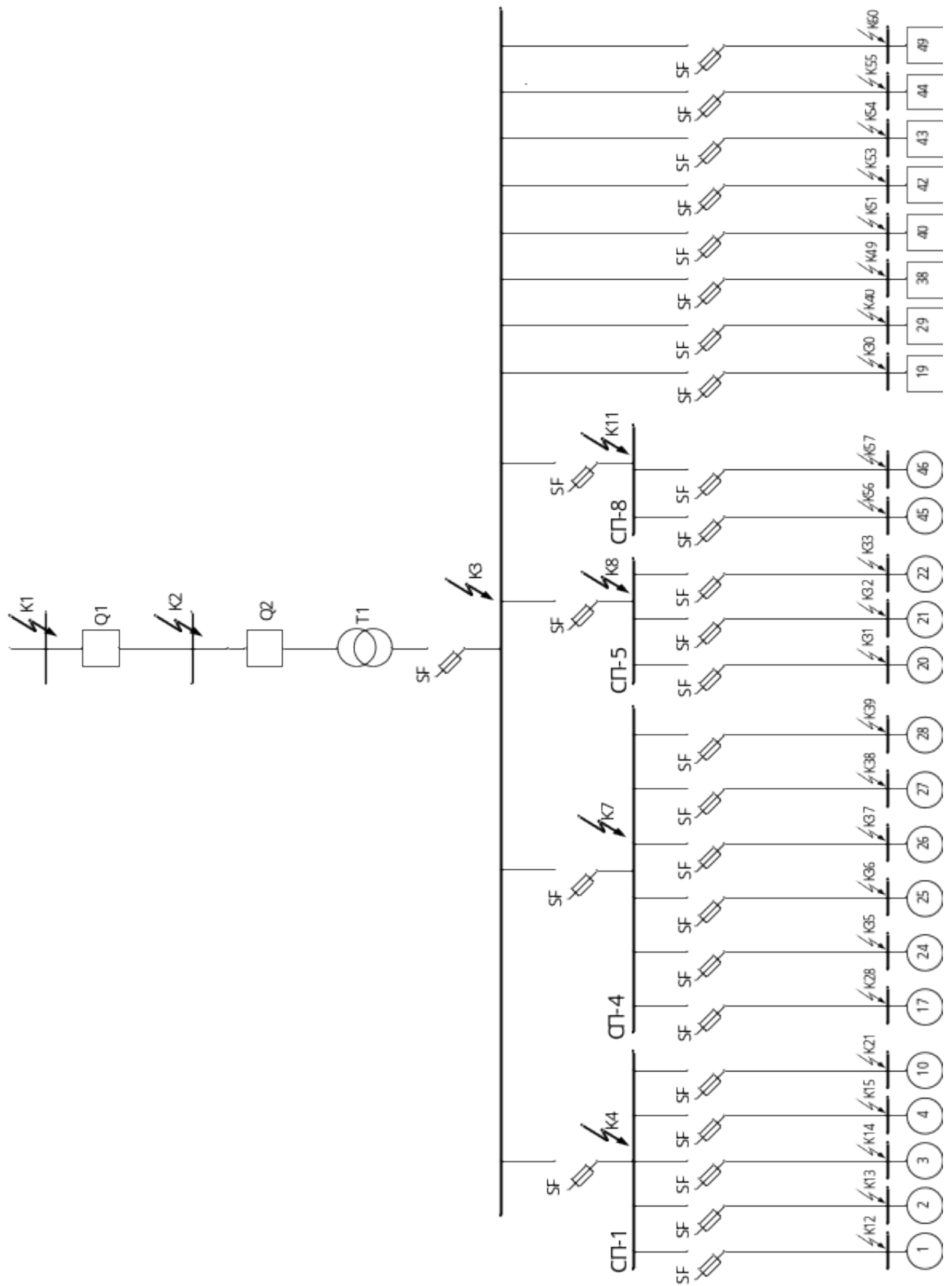


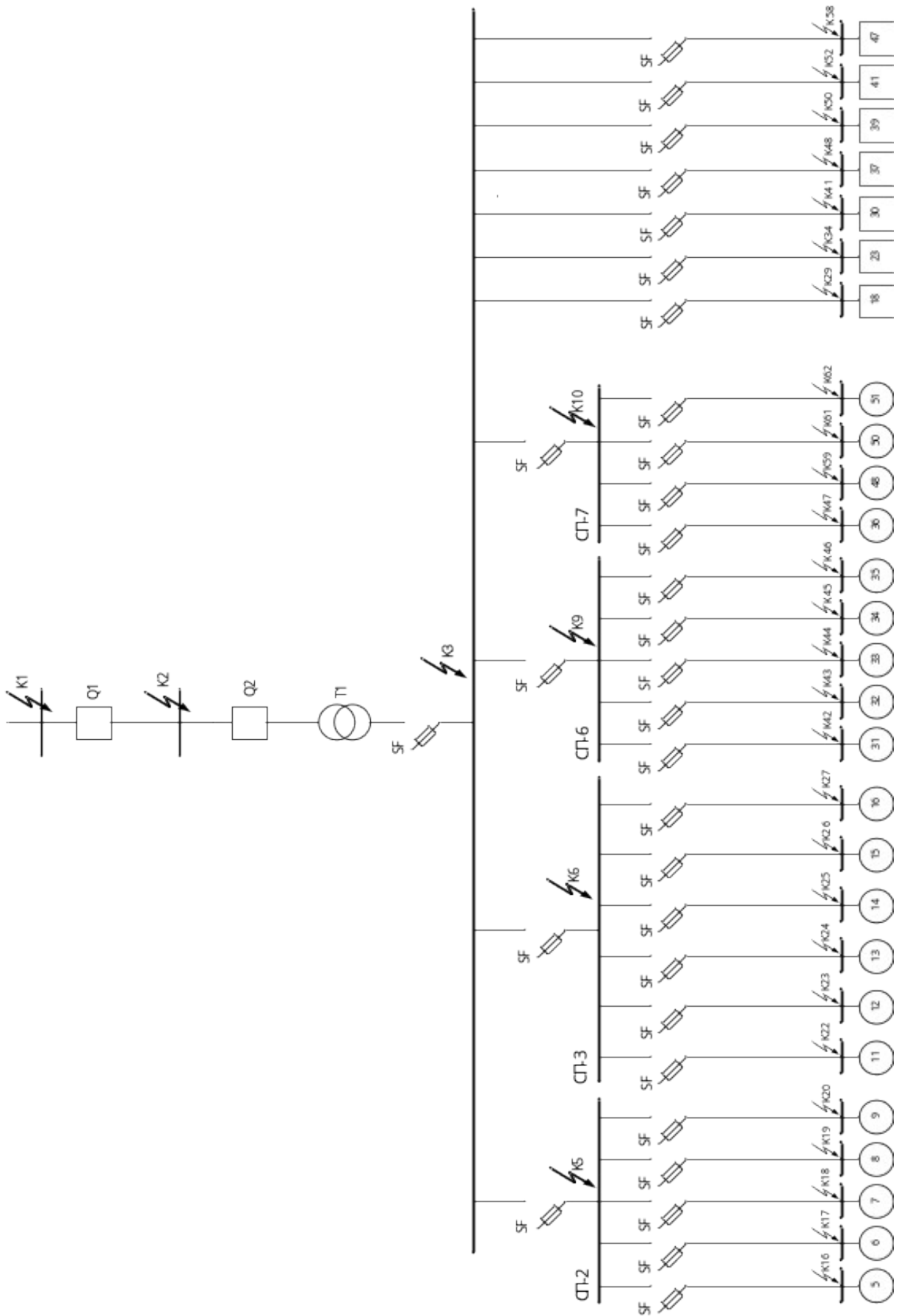
Рисунок 5.1 – Расчетная схема для линии с трансформатором Т1.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

ЛП-08.02.09 ПЗ

Лис

75



Р

исунок 5.2 – Расчетная схема для линии с трансформатором Т2.

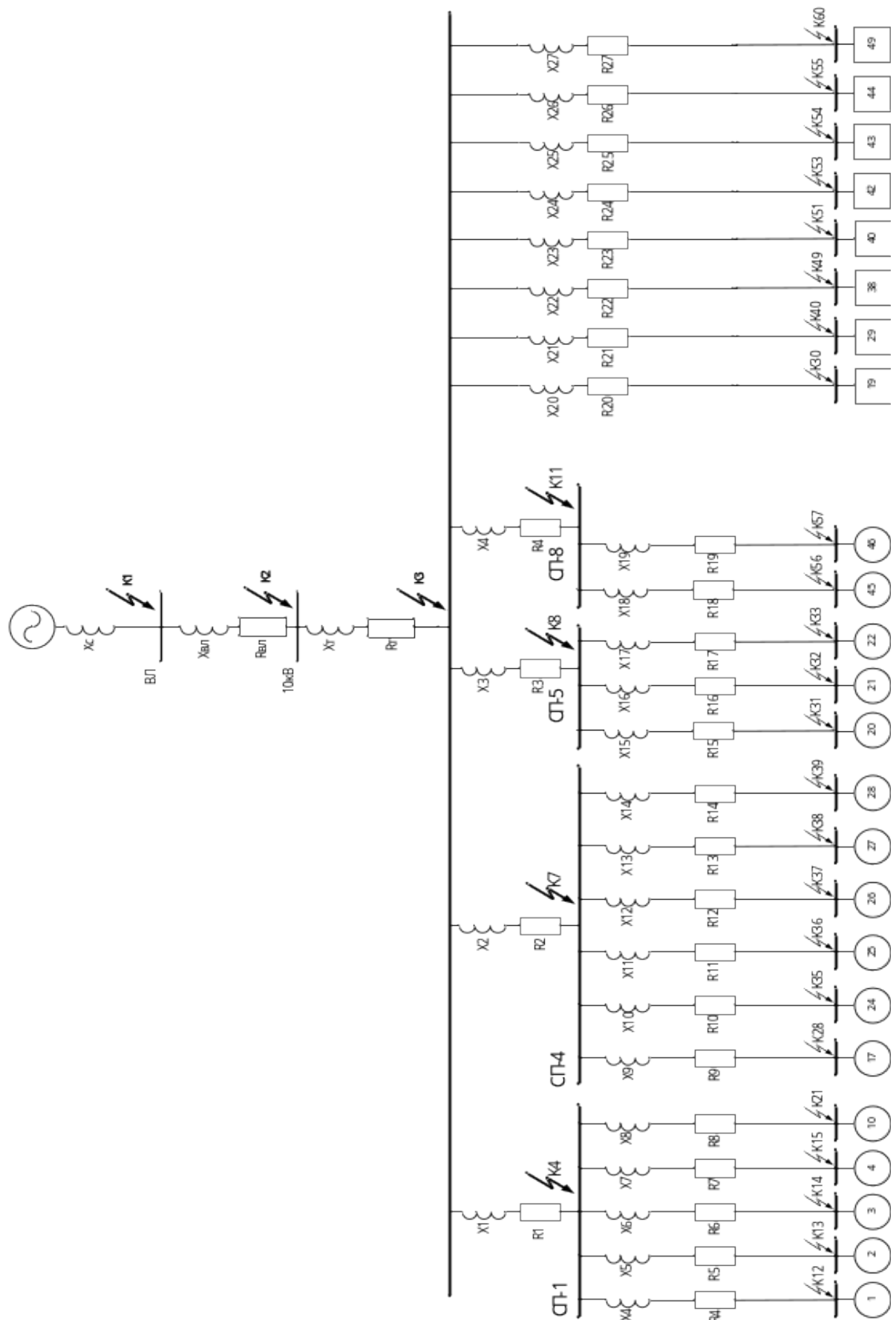


Рисунок 5.3 – Схема замещения для линии с трансформатором Т1.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

ЛП-08.02.09 ПЗ

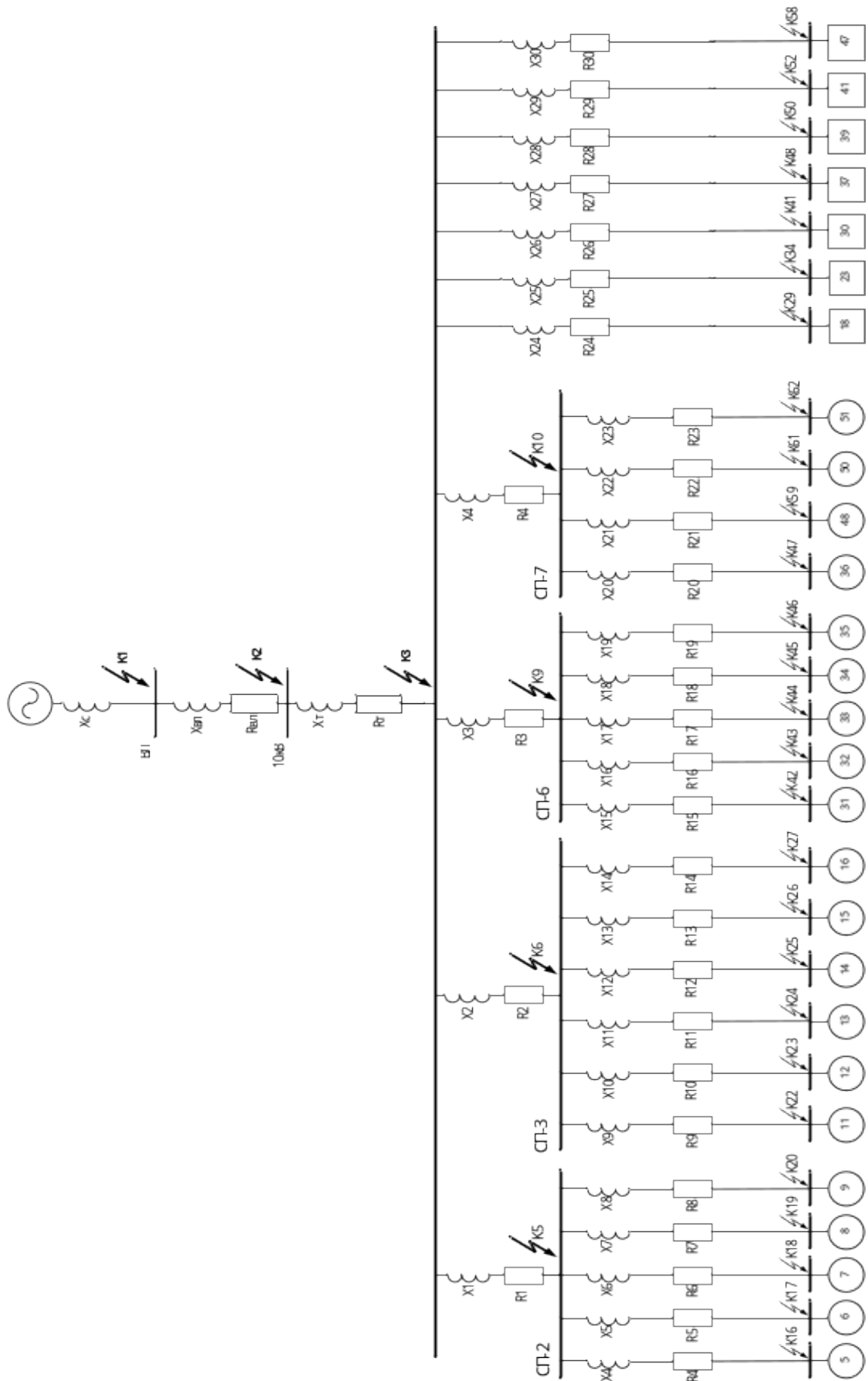


Рисунок 5.4 – Схема замещения для линии с трансформатором Т2

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

ЛП-08.02.09 ПЗ

Лис

78

5.1.1 Расчет токов короткого замыкания на напряжение 10кВ.

Точка К1.

Установленный выключатель на шинах ВН ГПП серии ВР1-10-20/630 У2 с номинальным током отключения $I_{ном\ откл} = 20\text{кА}$, тогда сопротивление между источником неограниченной мощности и подстанцией, на которой установлен выключатель, определяем по номинальному току отключения выключателя $I_{откл.в}$, согласно формуле (5.1).

$$S_{отк} = \sqrt{3} \cdot I_{откл.в} \cdot U_{ном}, (MVA) \quad (5.1)$$

где S_c – полная мощность отключения системы (MVA);
 $I_{откл.в}$ – отключающая способность выключателя (кА);
 $U_{ном}$ – номинальное напряжение сети (кВ).

Определим сопротивление системы, согласно формуле (5.2).

$$X_c = \frac{S_\delta}{S_{отк}}, (o.e) \quad (5.2)$$

где X_c – реактивное сопротивление энергосистемы (о.е.);
 S_δ – базисная мощность, ее значение принимается произвольно, в данном расчете $S_\delta = 100\text{MVA}$;
 S_c – мощность короткого замыкания энергосистемы (MVA).

$$S_c = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 20 = 346 (MVA)$$

$$X_c = \frac{100}{346} = 0,289 (o.e)$$

Определим базисный ток, согласно формуле (5.3).

$$I_\delta = \frac{S_\delta}{\sqrt{3} \cdot U_{ср.ном}}, (кА) \quad (5.3)$$

где I_δ – базисный ток до точки короткого замыкания (кА);
 S_δ – базисная мощность энергосистемы (MVA);
 $U_{ср.ном}$ – среднее номинальное напряжение линии (кВ).

$$I_\delta = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 (кА)$$

Найдем ток трехфазного короткого замыкания до точки КЗ – К1 (5.4).

$$I_{кз1} = \frac{E_c}{X_c} \cdot I_\delta \quad (5.4)$$

где $I_{кз}$ – ток трехфазного короткого замыкания до точки КЗ (А);
 I_δ – базовый ток до точки короткого замыкания (кА);
 X_c – индуктивное сопротивление энергосистемы (о.е.);
 E_c – значение ЭДС энергосистемы $E_c = 1 (o.e.)$.

$$I_{кз1}^{(3)} = \frac{1}{0,289} \cdot 5,5 = 19,03 (кА)$$

$$I_{кз1}^{(3)} (кА) < I_{откл} (кА)$$

Выбранный выключатель ВР1-10-20/630 У2 с номинальным током отключения $I_{ном\ откл} = 20\ \text{кА}$ прошел проверку на КЗ.

Для проверки оборудования по условию электродинамической стойкости необходимо знать наибольшее возможное значение тока КЗ.

Определим значение ударного тока (5.5).

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot I_{K3} \cdot k_{y\delta}, (\text{кА}) \quad (5.5)$$

где $i_{y\delta}$ – ударный ток для трехфазного короткого замыкания (кА);
 I_{K3} – ток трехфазного короткого замыкания (кА).
 $k_{y\delta}$ – ударный коэффициент, зависит от постоянной времени T_a апериодической составляющей тока КЗ, $T_a = \frac{X_{э\text{кв}}}{R_{э\text{кв}}} = \infty$, поэтому $k_{y\delta} = 2$

$$i_{y\delta K1} = \sqrt{2} \cdot 19,03 \cdot 2 = 53,82 (\text{кА})$$

Точка К2.

Определим сопротивления линий высоких передач ЛЭП, согласно формулам (5.6) и (5.7).

$$R_{вл} = \frac{r_0 \cdot l_1 \cdot S_{\delta}}{U_{ср.ном}^2}, (о.е.) \quad (5.6)$$

$$X_{вл} = \frac{x_0 \cdot l_1 \cdot S_{\delta}}{U_{ср.ном}^2}, (о.е.) \quad (5.7)$$

где $R_{вл}$ – активное сопротивление воздушной линии (о.е.);
 $X_{вл}$ – реактивное сопротивление воздушной линии (о.е.);
 r_0 – удельное сопротивление линии, $r_{y\delta} = 1,26$ (Ом/км);
 x_0 – удельное сопротивление линии, $x_{y\delta} = 0,99$ (Ом/км);
 l – длина линии (км);
 S_{δ} – базисная мощность энергосистемы (МВА);
 $U_{ср.ном}$ – среднее номинальное напряжение линии.

$$R_{вл} = \frac{1,26 \cdot 3,5 \cdot 100}{10,5^2} = 4 (о.е.)$$

$$X_{вл} = \frac{0,99 \cdot 3,5 \cdot 100}{10,5^2} = 3,14 (о.е.)$$

Определим результирующее индуктивное сопротивление до точки короткого замыкания К2 (5.8).

$$X_{\Sigma K32} = X_C + X_{вл}, (о.е.) \quad (5.8)$$

										Лис
										80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	ЛП-08.02.09 ПЗ					

5.1.2 Расчет токов короткого замыкания на напряжение до 1кВ.

Точка КЗ.

При напряжении до 1 кВ даже небольшое сопротивление оказывает существенное влияние на ток короткого замыкания. Поэтому в расчетах учитывают все сопротивления короткозамкнутой цепи, как индуктивные, так и активные. Кроме того, учитывают активные сопротивления всех переходных контактов в этой цепи; сопротивления шин и шинпроводов, индуктивные сопротивления катушек выключателей и трансформаторов тока.

Расчет токов КЗ до 1 кВ выполняется в именованных единицах. Сопротивления элементов системы электроснабжения ВН приводятся к НН.

Рассмотрим только одну ветку, т.к. на КТП установлено два одинаковых трансформатора, а нагрузка распределена равномерно (вторая ветвь такая же).

Приведем сопротивление системы к напряжению 0,4кВ (5.12 – 5.13).

$$X_c^{10} = \frac{U_{ср.ном}^2}{S_c}, (Ом) \quad (5.12)$$

$$X_c^{0,4} = X_c^{10} \cdot \left(\frac{U_{нн}}{U_{ср.ном}} \right)^2 \cdot 10^3, (мОм) \quad (5.13)$$

$$X_c^{10} = \frac{10,5^2}{346} = 0,32 (Ом)$$
$$X_c^{0,4} = 0,32 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 \cdot 10^3 = 0,464 (мОм)$$

Так же приведем значения сопротивлений линий электропередач высокого напряжения к обмотке низкого напряжения трансформатора, (5.14 – 5.17).

$$R_{вл}^{10} = r_0 \cdot l, (Ом) \quad (5.14)$$

$$R_{вл}^{0,4} = R_{вл}^{10} \cdot \left(\frac{U_{нн}}{U_{ср.ном}} \right)^2 \cdot 10^3, (мОм) \quad (5.15)$$

$$X_{вл}^{10} = x_0 \cdot l, (Ом) \quad (5.16)$$

$$X_{вл}^{0,4} = X_{вл}^{10} \cdot \left(\frac{U_{нн}}{U_{ср.ном}} \right)^2 \cdot 10^3, (мОм) \quad (5.17)$$

$$R_{вл}^{10} = 1,26 \cdot 3,5 = 4,41 (Ом)$$

$$R_{вл}^{0,4} = 4,41 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 \cdot 10^3 = 6,4 (мОм)$$

$$X_{вл}^{10} = 0,99 \cdot 3,5 = 3,5 (Ом)$$

$$X_{вл}^{0,4} = 3,5 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 \cdot 10^3 = 5,08 (мОм)$$

											Лис
											82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	ЛП-08.02.09 ПЗ						

Определим значения сопротивлений трансформатора (5.18 –5.20).

$$R_m = \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{U_{нн}}{S_{ном.т}} \right)^2 \cdot 10^6, (мОм) \quad (5.18)$$

$$Z_m = U_{кз} \cdot \frac{U_{нн}^2}{S_{ном.т}} \cdot 10^4, (мОм) \quad (5.19)$$

$$X_m = \sqrt{Z_m^2 - R_m^2}, (мОм) \quad (5.20)$$

$$R_m = 5,5 \cdot \left(\frac{0,4}{400} \right)^2 \cdot 10^6 = 5,5 (мОм)$$

$$Z_m = 4,5 \cdot \frac{0,4^2}{400} \cdot 10^4 = 18 (мОм)$$

$$X_m = \sqrt{18^2 - 5,5^2} = 17,14 (мОм)$$

Определим суммарное реактивное сопротивление (5.21).

$$X_{\Sigma КЗ3} = X_c^{0,4} + X_{вл}^{0,4} + X_m, (мОм) \quad (5.21)$$

$$X_{\Sigma КЗ3} = 0,464 + 5,08 + 17,14 = 22,6 (мОм)$$

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

Тогда суммарное активное сопротивление будет находиться по формуле (5.22).

$$R_{\Sigma КЗ3} = R_{вл}^{0,4} + R_m + R_{доб}, (мОм) \quad (5.22)$$

$$R_{\Sigma КЗ3} = 6,4 + 5,5 + 15 = 26,9 (мОм)$$

Определим ток КЗ в точке КЗ (17.23).

$$I_{к3}^{(3)} = \frac{U_{нн} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{\Sigma КЗ}^2 + X_{\Sigma КЗ}^2}}, (кА) \quad (5.23)$$

$$I_{к3}^{(3)} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{26,9^2 + 22,68^2}}, = 6,56 (кА)$$

Определим ударный ток в точке КЗ.

$$T_a = \frac{22,68}{26,9} = 0,84$$

$$k_{yd} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,84}} = 1,99$$

$$i_{ydКЗ} = \sqrt{2} \cdot 6,56 \cdot 1,99 = 18,46 (кА)$$

Изм.
Лист
№ докум
Подпись
Дат

Таблица 5.1 – Расчет токов трехфазного короткого замыкания

Точка КЗ	ЭП	$l, м$	$R_{доб}, мОм$	$R_l, мОм$	$X_l, мОм$	$R_{\Sigma}, мОм$	$X_{\Sigma}, мОм$	$I_k^{(3)}, кА$	T_a	$k_{уд}$	$i_{уд}, кА$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	10
К1	-	-	-	-	-	-	-	19,03	∞	2	53,82
К2	-	-	-	-	-	-	-	1,04	0,8	1,99	2,93
К3	-	-	-	-	-	26,9	22,6	6,56	0,84	1,99	18,46
К4	СП-1	9,12	20	8,39	0,58	55,29	23,18	3,85	0,42	1,98	10,78
К5	СП-2	8,24	20	7,58	0,52	54,48	23,12	3,9	0,42	1,98	10,92
К6	СП-3	8,26	20	104,1	0,96	151	23,56	1,51	0,16	1,94	4,14
К7	СП-4	12,58	20	11,57	0,8	58,47	23,4	3,67	0,4	1,98	10,28
К8	СП-5	14,32	20	180,48	1,66	227,38	24,26	1,01	0,11	1,91	2,73
К9	СП-6	13,97	20	12,85	0,89	59,75	23,49	3,6	0,39	1,97	10,03
К10	СП-7	24,60	20	22,63	1,57	69,53	24,17	3,14	0,35	1,97	8,75
К11	СП-8	21,26	20	267,93	2,47	314,83	25,07	0,73	0,08	1,88	1,94
К29	ЛП-08.02.09.173	6,17	20	5,17	0,46	52,07	23,06	4,06	0,44	1,98	11,37
К30	19	8,40	20	6,22	0,56	53,12	23,16	3,99	0,44	1,98	11,17
К34	23	20,00	20	14,8	1,32	61,7	23,92	3,49	0,39	1,97	9,72
К40	29	15,06	20	11,15	1	58,05	23,6	3,69	0,41	1,98	10,33
К41	30	11,11	20	8,22	0,74	55,12	23,34	3,86	0,42	1,98	10,81
К48	37	18,50	20	13,69	1,22	60,59	23,82	3,55	0,39	1,97	9,89
К49	38	21,77	20	16,11	1,44	63,01	24,04	3,42	0,38	1,97	9,53
К50	39	25,35	20	18,76	1,68	65,66	24,28	3,3	0,37	1,97	9,19
К51	40	26,65	20	19,72	1,76	66,62	24,36	3,26	0,37	1,97	9,08
К52	41	19,33	20	14,31	1,28	61,21	23,88	3,51	0,39	1,97	9,78
К53	42	17,95	20	13,28	1,19	60,18	23,79	3,57	0,4	1,98	10
К54	43	18,62	20	13,78	1,23	60,68	23,83	3,54	0,39	1,97	9,86
К55	44	21,67	20	16,04	1,43	62,94	24,03	3,43	0,38	1,97	9,56
К58	47	17,65	20	13,06	1,17	59,96	23,77	3,58	0,4	1,98	10,02
К60	49	21,64	20	16,01	1,43	62,91	24,03	3,43	0,38	1,97	9,56

5.2 Проверка элементов цеховой сети

5.2.1 Проверка оборудования выше 1 кВ на отключающую способность

Выключатели ВН выбираются по напряжению, току, категории размещения, конструктивному выполнению и коммутационной способности.

При проверке на отключающую способность должны быть выполнены условия (5.26 – 5.28)

$$I_{н.откл} \geq I_{р.откл}, (\text{кА}) \quad (5.26)$$

$$I_{р.откл} = I_{\infty}^{(3)}, (\text{кА}) \quad (5.27)$$

$$i_{уд} \leq i_{дин}, (\text{кА}) \quad (5.28)$$

где $I_{н.откл}$ – номинальное значение токов отключения (кА);
 $I_{р.откл}$ – расчетное значение токов отключения (кА);
 $I_{\infty}^{(3)}$ – трехфазный ток КЗ в момент отключения выключателя, действующее значение в установившемся режиме (кА);
 $i_{уд}$ – ударный ток (кА);
 $i_{дин}$ – динамический ток (кА)

Проверим головной выключатель ВР1-10-20/630 У2 с предельной отключающей способностью 20кА и динамическим током 54 кА точкой короткого замыкания К1:

$$20 \text{ кА} \geq 18,97 \text{ кА}$$

$$53,66 \text{ кА} \leq 54 \text{ кА}$$

Выбранный выключатель прошел проверку на отключающую способность.

На стороне ВН, разъединитель РВЗ-10/400 $i_{дин} = 41 \text{ кА}$

$$2,93 \text{ кА} \leq 41 \text{ кА}$$

Условие (5.28) выполняется, разъединитель прошел проверку.

5.2.2 Проверка оборудования ниже 1 кВ на отключающую способность

Проверка на отключающую способность осуществляется по условию (5.29).

$$I_{\kappa}^{(3)} < I_{откл}, (\kappa A) \quad (5.29)$$

где $I_{откл}$ – наибольшая отключающая способность защитного аппарата (кА);
 $I_{\kappa}^{(3)}$ – значение трехфазного короткого замыкания (кА)

Результаты проверки представим в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Проверка автоматических выключателей на отключающую способность.

Точка	ЭП	Автоматический выключатель	Наибольшая отключающая способность $I_{откл}$, (кА)	$I_{\kappa}^{(3)}$, (кА)
1	2	3	4	5
К4	СП-1	ВА 51-31	7	3,85
К5	СП-2	ВА 51-31	7	3,9
К6	СП-3	ВА 51-25	3,0	1,51
К7	СП-4	ВА 51-31-1	5	3,67
К8	СП-5	ВА 51-25	3,0	1,01
К9	СП-6	ВА 51-31-1	5	3,6
К10	СП-7	ВА 51-31-1	5	3,14
К11	СП-8	ВА 51-25	2	0,73
К29	18	ВА 51-31	6	4,06
К30	19	ВА 51-31	6	3,99
К34	23	ВА 51-31	7	3,49
К40	29	ВА 51-31-1	5	3,69
К41	30	ВА 51-31-1	5	3,86
К48	37	ВА 51-31	7	3,55
К49	38	ВА 51-31-1	5	3,42
К50	39	ВА 51-31-1	5	3,3
К51	40	ВА 51-31	7	3,26
К52	41	ВА 51-31	7	3,51
К53	42	ВА 51-31	7	3,57
К54	43	ВА 51-31-1	5	3,54
К55	44	ВА 51-31-1	5	3,43
К58	47	ВА 51-31	6	3,58
К60	49	ВА 51-31	6	3,43

Условие (5.29), следовательно, все выбранные выключатели проходят проверку на отключающую способность.

электрического поля во времени, сопровождаемые образованием магнитного поля.

- **Электрическая дуга** – Электрический разряд в газовой среде между контактами, возникающий при размыкании электрического контакта или при нестабильности переходного сопротивления контактов (искрение).
- **Электрооборудование** – Любое оборудование, предназначенное для производства, преобразования, передачи, аккумулирования, распределения или потребления электрической энергии, например машины, трансформаторы, аппараты, измерительные приборы, устройства защиты, кабельная продукция, бытовые электроприборы.
- **Электроустановка** – Энергоустановка, предназначенная для производства или преобразования, передачи, распределения или потребления электрической энергии.
- **Электрическая цепь** – Совокупность устройств или сред, через которые может протекать электрический ток.
- **Контакт электрической цепи** – Часть электрической цепи, предназначенная для коммутации и проведения электрического тока.
- **Коммутационный аппарат** – Аппарат (прибор, устройство), предназначенный для включения или отключения тока в одной или нескольких цепях.

6.2. Основные технические и организационные мероприятия по безопасному проведению работ в действующих электроустановках

Организационные мероприятия по времени действуют от момента возникновения необходимости выполнения какой-либо работы в электроустановке до полного ее завершения. Момент окончания определяется не только выполнением технологических операций, а удалением всех работающих с оборудования и документальным оформлением технической, оперативной документации, исключающей повторный возврат любого члена бригады на это же место.

К этапам организационных мероприятий относят пять последовательно выполняемых действий:

1. определение способа выполнения работ по: наряду, или распоряжению, либо перечню выполнения в соответствии с порядком текущей эксплуатации электроустановки;
2. выдача разрешений персоналу для подготовки рабочего места и допуска бригад на них;
3. проведение допуска привлекаемой к работе бригады;
4. организация непосредственного надзора за работающими;
5. правильное оформление перерывов, переводов на другие места и полное окончание работы.

Только строгая последовательность соблюдения этих этапов, выполняемых качественно и полностью, является залогом безопасности персонала и обеспечения работоспособности оборудования.

Наиболее сложные и опасные работы внутри электроустановок выполняют только по наряду. Срок действия наряда может составлять до 15 рабочих дней. Сам наряд является документом строгой отчетности, постоянно ведется производителем работ, оформляется в двух экземплярах, регистрируется и хранится строго в определенном месте.

После окончания работ и закрытия наряда он сдается в делопроизводство на срок хранения в 30 суток, а если при работе были совершены происшествия или несчастные случаи, то отправляется в архив.

При организации работ по распоряжению ведется строгий учет работ с оформлением письменных заданий и указанием мероприятий по охране труда. Перечень операций, допускаемых к выполнению по распоряжениям, строго лимитирован, а время его действия ограничивается продолжительностью рабочего дня исполнителя.

6.3. Защитные средства

Требования к применению средств индивидуальной защиты работающих:

К электрозащитным средствам относятся:

- изолирующие штанги всех видов (оперативные, измерительные, для наложения заземления);
- изолирующие и электроизмерительные клещи;
- указатели напряжения всех видов и классов напряжений (с газоразрядной лампой, бесконтактные, импульсного типа, с лампой накаливания и др.);
- бесконтактные сигнализаторы наличия напряжения;
- изолированный инструмент;
- диэлектрические перчатки, боты и галоши, ковры, изолирующие подставки;
- защитные ограждения (щиты, ширмы, изолирующие накладки, колпаки);
- переносные заземления;
- устройства и приспособления для обеспечения безопасности труда при проведении испытаний и измерений в электроустановках (указатели напряжения для проверки совпадения фаз, устройства для прокола кабеля, устройство для определения разности напряжения в транзите, указатели повреждения кабелей и т.п.);
- плакаты и знаки безопасности;
- и прочие средства защиты, изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ под напряжением 110 кВ и выше, а также в электросетях до 1000 В (полимерные и гибкие изоляторы, изолирующие лестницы, канаты, вставки телескопических вышек и подъемников; штанги для переноса и выравнивания потенциала; гибкие изолирующие покрытия и накладки и т. п.).

Для предохранения работников от действия опасных и вредных производственных факторов при существующей технологии и условиях работ необходимо применение средств индивидуальной защиты.

На работах с вредными условиями труда, на работах, производимых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты выдаются работникам бесплатно.

Работники, занятые в процессе термической обработки металлов, обеспечиваются средствами индивидуальной защиты в соответствии с действующими "Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи рабочим и служащим специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты" и "Инструкцией о порядке обеспечения

рабочих и служащих специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты".

Средства индивидуальной защиты, применяемые работниками при термообработке металлов, должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов ССБТ(Системы стандартов безопасности труда).

При выборе средств индивидуальной защиты для лиц, работающих с применением химических веществ, следует руководствоваться методическими указаниями "Средства коллективной и индивидуальной защиты, текущий и предупредительный санитарный надзор за применением средств индивидуальной защиты работающих с химическими вредными веществами".

Руководители участков должны периодически инструктировать работников по правильному применению средств индивидуальной защиты и уходу за ними.

Администрация обязана обеспечивать хранение, стирку, сушку, дезинфекцию, дегазацию, дезактивацию и ремонт выданных работникам специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты.

Для замены спецодежды, сдаваемой работниками в стирку или ремонт, в организации должен быть запас комплектов спецодежды.

На участках цианирования, свинцовых ванн и жидкостного азотирования термического цеха следует предусматривать меры, исключая возможность выноса работниками спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты за пределы цеха и выхода работников этих участков в спецодежде.

Спецодежда, спецобувь и другие средства индивидуальной защиты работников участков цианирования, жидкостного азотирования и свинцовых ванн должны храниться отдельно от средств индивидуальной защиты работников других участков термических цехов.

					ЛП-08.02.09 ПЗ	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		92

7. Специальный вопрос: Электродпечь

7.1. Виды электрических печей

Электродпечь-оборудование, предназначенное для преобразования электрической энергии в тепловую и имеющее нагревательную камеру, в которую помещается нагреваемое тело.

По способу превращения электрической энергии в тепловую все электрические печи можно разделить на четыре группы:

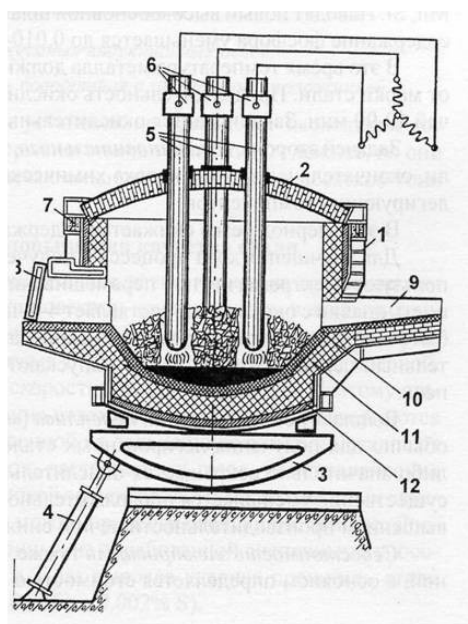
- печи сопротивления;
- дуговые печи; - индукционные печи;
- установки электроннолучевого нагрева.

Кроме того, принято подразделять электрические печи по способу передачи тепла на печи прямого, косвенного и смешанного нагрева.

В печах прямого нагрева (печи сопротивления) преобразование электрической энергии в тепловую осуществляется либо в объеме нагреваемого металла, либо непосредственно у его поверхности, в результате чего тепловая энергия сразу поглощается металлом.

В печах косвенного нагрева электрическая энергия превращается в тепловую вне нагреваемого металла, а тепловая энергия передается от источника металлу. Смешанный нагрев характеризуется одновременной реализацией способов прямого и косвенного нагрева.

Трехфазная сталеплавильная электрическая печь:



- 1 – корпус печи;
- 2 – съемный свод;
- 3 – люлька;
- 4 – механизм наклона печи;
- 5 – электроды;
- 6 – электродержатели;
- 7 – песчаный затвор;
- 8 – загрузочное окно;
- 9 – сливной желоб;
- 10, 11, 12 - футеровка

Рисун

ок 7.1 Трехфазная сталеплавильная электрическая печь

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

ЛП-08.02.09 ПЗ

Лис

93

7.2. Назначение

Назначение электрической печи состоит в термообработке изделий в режиме высокой температуре. Жаром обрабатываются материалы из фарфора, керамики и других основ.

Электрические печи широко применяются в металлургии. Они используются для расплавления металлов и сплавов, восстановления металлов из руд, нагрева различных изделий и заготовок.

При использовании электрических печей для нагрева деталей и заготовок существенно облегчается регулирование теплового режима, заметно возрастает точность соблюдения заданной температуры в печи и создаются возможности равномерного подвода тепла к поверхности всех изделий, находящихся в печной камере. Кроме того, электронагрев позволяет осуществить при необходимости местный нагрев отдельных участков изделия, а также нагрев поверхности (для поверхностной закалки). Рабочая камера электрической печи может быть сравнительно легко герметизирована, что позволяет при необходимости применять нагрев в защитных или специальных атмосферах или в вакууме.

Отсутствие отходящих дымовых газов значительно повышает тепловую эффективность работы электрических печей и упрощает их конструкцию по сравнению с топливными. Чистота и хорошие условия труда в цехах, оборудованных электрическими печами, также являются существенными преимуществами электрического нагрева.

Все эти достоинства предопределяют большую роль и растущее распространение электротермических процессов в производстве и обработке металлов и сплавов.

Однако электронагреву свойственны и определенные недостатки, сдерживающие его применение: стоимость единицы тепла, полученной за счет электроэнергии, значительно выше стоимости единицы тепла, генерируемой в рабочем пространстве топливных печей за счет сжигания топлива, что влечет за собой более высокие эксплуатационные расходы; капитальные затраты на сооружение электрических печей также обычно заметно больше в связи с их сравнительной сложностью и использованием более дорогих материалов, надежность и долговечность электрических печей ниже, а их эксплуатация находится в жесткой зависимости от обеспеченности предприятия электроэнергией и работы энергосистемы.

Чаще всего может применяться в электронной, радиотехнической, электротехнической, авиационной и других областях промышленности.

7.3. Принцип работы

Основан на преобразовании энергии электрического тока в тепловую энергию. Преобразование происходит через твердые или жидкие тела.



Рисунок 7.2 Циклический график нагрузки электрической печи

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении дипломной работы, была разработана система электроснабжения механического цеха судостроительного завода.

В ходе проектирования были учтены требования надежности и обеспечение бесперебойности питания.

По исходным данным была рассчитана нагрузка механического цеха.

При проектировании были выбраны питающие кабели для всех электроприемников и защитная аппаратура для них. Так же, по итоговым значениям была выбрана питающая трансформаторная подстанция с трансформаторами: 2×ТМГ – 400/10/0,4 которые обеспечивают подачу электроэнергии к электроприёмникам.

Выбранное электротехническое оборудование проверено на действие токов короткого замыкания. Так же было выбрано освещение с лампами ДСП SPP-404-0-50К-150 в количестве 20шт.

Питание подстанции осуществляется кабелем СИП-3 с жилой сечением 25мм².

В дипломной работе рассматривался специальный вопрос электропечи в котором были рассмотрена конструкция и технологическое использование.

					ЛП-08.02.09 ПЗ	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		97

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила устройства электроустановок / Министерство топлива и энергетики РФ – 7-е изд., перераб. и доп. С изменениями – М. Главгосэнергонадзор России, 2002. – 606 с.: ил.
2. Федоров А. А., Старкова Л. Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учебное пособие для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1987. – 386 с.: ил.
3. Кнорринг Г. М. Справочник для проектирования электрического освещения. Л. – Энергия, 1968. – 392с. : ил.
4. КПС Кабель – Система поиска кабельной продукции. <https://k-ps.ru/>
5. РТМ 36.18.32.4-92. Указания по расчету электрических нагрузок; дата введ. 01.01.1993. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2007. – 27 с
6. Номенклатурный каталог «Шкафы ввода, учета и распределения электрической энергии серии ПР11», ООО «Стандарт–Энерго»; [электронный ресурс].
7. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий: Учеб. для студ. сред. Пр.
8. Латушкина Л.Л. Переходные процессы в электроэнергетических системах. Расчет токов короткого замыкания: учебное пособие для выполнения курсовой работы. – Абакан: Ред.-изд. сектор ХТИ – филиала СФУ, 2013. – 142 с.
9. Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, утвержденных Госгортехнадзором России 30.12.92 г
- 10.Федеральный закон от 21.07.97 г. N116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»
- 11.Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии / Министерство энергетики российской федерации - приказ от 12 августа 2022 г. N 81