

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Институт промышленной автоматизации и цифровизации имени А.Буркитбаева

Кафедра «Энергетика»

Мақсат Мирас Ақылбекұлы

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Электроснабжение механического цеха и расчет осветительной нагрузки

5B071800 – «Электроэнергетика»

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Институт промышленной автоматизации и цифровизации имени А.Буркитбаева

Кафедра «Энергетика»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

PhD, ассистент-профессор

 Е.А.Сарсенбаев

«29» мая 2020 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

на тему: «Электроснабжение механического цеха и расчет осветительной нагрузки»

5B071800 – «Электроэнергетика»

Выполнил:



Мақсат М.А.

Научный руководитель

PhD, ассистент-профессор

 Е.А.Сарсенбаев

«29» мая 2020 г.

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Институт промышленной автоматизации и цифровизации имени А.Буркитбаева

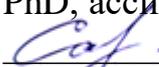
Кафедра «Энергетика»

5B071700 – «Электроэнергетика»

УТВЕРЖАЮ

Заведующий кафедрой

PhD, ассистент-профессор

 Е.А.Сарсенбаев

«27» января 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Студенту Мақсат М.А.

Тема: Электроснабжение механического цеха и расчет осветительной нагрузки

Утверждено приказом Ректора Университета № 762-п от «27» января 2020 г.

Срок сдачи законченной работы: «1» июня 2020 г.

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

- а) Общая часть;
- б) Расчетно-графическая часть;
- в) Общие меры безопасности;

Перечень графического материала:

представлены 10 слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература:

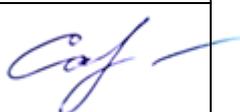
- 1 Правила устройства электроустановок РК. – Алматы: Бастау, Казэнергонадка, 2008. – 588 с.
- 2 Справочник по проектированию электрических сетей и оборудования. Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
- 3 Методика расчета электрических нагрузок промышленных предприятий с применением ЭВМ. Методическое пособие. – Алматы.: АЭИ, 1988.

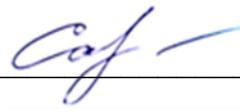
ГРАФИК
подготовки дипломной работы

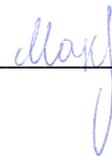
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Замечания
Общая часть	15.03.2020	нет
Расчетно-графическая часть	28.04.2020	нет
Общие меры безопасности	5.05.2020	нет

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу

Наименования разделов	Консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Общая часть	Сарсенбаев Е.А., PhD, ассистент-профессор	18.03.2020	
Расчетно-графическая часть	Сарсенбаев Е.А., PhD, ассистент-профессор	01.05.2020	
Общие меры безопасности	Сарсенбаев Е.А., PhD, ассистент-профессор	10.05.2020	
Нормаконтроль	Бердибеков А.О., сеньор - лектор	1.06.2020	

Научный руководитель _____  /Е.А.Сарсенбаев /

Задание приняла к исполнению студентка _____  /М.А.Мақсат/

Дата _____ «20» января 2020 г.

АННОТАЦИЯ

В процессе выполнения дипломной работы была спроектирована система электроснабжения механического цеха. Приследуемой целью работы является углубленное изучение и постижение практики проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий. Дипломная работа состоит из разделов и подразделов названия которых отражают важные аспекты проектирования системы электроснабжения любого предприятия или другого потребителя электроэнергии. Разделы имеют следующие наименования : расчет электрических нагрузок, выбор электрического оборудования и расчет капитальных вложений проекта. Проект сопровождается схематическим обоснованием а также общими мерами электробезопасности.

АНДАТПА

Дипломдық жұмысты орындау барысында механикалық цехтың электрмен жабдықтау жүйесі жобаланды. Жұмыстың мақсаты өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен жабдықтау жүйелерін жобалаудың тәжірибесін терең зерделеу және зерттеу болып табылады. Дипломдық жұмыс электр энергиясын кез келген кәсіпорынды немесе басқа тұтынушыны электр энергиясымен жабдықтаудың маңызды аспектілерін бейнелейтін бөлімдер мен бөлімшелерден тұрады. Негізгі бөлімдер атауы: электрлік жүктемені есептеу, электр жабдықтарын таңдау және жобаның күрделі салымдарын есептеу. Жоба схемалық негіздеумен, сондай-ақ электр қауіпсіздігінің жалпы шараларымен сүйемелденеді.

ANNOTATION

In the process of completing the diploma work, the power supply system of the machine shop was designed. The aim of this work is to study in-depth and comprehend the practice of designing power supply systems for industrial enterprises. The thesis consists of sections and subsections whose names reflect important aspects of the design of the power supply system of any enterprise or other consumer of electricity. The sections have the following names: calculation of electrical loads, selection of electrical equipment, and calculation of project capital investment. The project is accompanied by a schematic justification as well as General electrical safety measures.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение		
1	Общая часть	7
1.1	Краткая характеристика проектируемого объекта	7
2	Расчетно-графическая часть	8
2.1.1	Светотехнический расчет. Выбор системы освещения	8
2.1.2	Выбор светильников и предварительное размещение светильников	8
2.1.3	Проектирование схем электропитания и расчет сечений проводников осветительной сети	11
2.1.4	Выбор аппаратов защиты системы освещения	14
2.2	Расчет силовой сети механического цеха	14
2.2.1	Выбор схемы выполнения электроснабжения силового электрооборудования механического цеха	14
2.2.2	Расчет силовых электрических нагрузок	15
2.2.3	Выбор цехового трансформатора	16
2.2.4	Расчет оборудования для компенсации реактивной мощности	19
2.2.5	Выбор низковольтных аппаратов защиты	20
2.2.6	Выбор сечений кабельных линий	22
2.2.7	Выбор высоковольтного оборудования и расчет питающих линий	24
2.2.8	Расчет токов короткого замыкания	30
3	Общие меры безопасности	35
3.1	Расчет заземлительного устройства и выбор заземлителей	35
	Заключение	38
	Список использованной литературы	39

ВВЕДЕНИЕ

Энергетика страны находится на стадии стремительного роста, что обуславливается модернизацией существующих систем электроснабжения промышленных предприятий. Данный процесс сопровождается обновлением коммуникации, применением новых технологически дополненных оборудования позволяющих организовать частично или полностью автоматизированную систему. Организация такого рода процессов требует привлечение высококлассных специалистов ориентирующихся и понимающих новые типы и методы проектирования электроснабжения предприятий.

Снабжение электроэнергией промышленных предприятий – это прежде всего согласованная работа инженерно-технического состава подрядной организации, в которую входят инженеры различных направлений. Это прежде всего связано со сложностью прокладки систем коммуникаций и их взаимосвязанностью. Затронутая тема несомненно была и будет актуальной и универсальной. Актуальность подтверждается нарастающей тенденцией роста доли крупных промышленных предприятий в мире. На сегодняшний день наблюдается внедрение новых методов проектирования систем коммуникаций и инновационных оборудовании, что так же подтверждает актуальность выбранной темы.

Данная дипломная работа посвящена теме проектирования системы электроснабжения механического цеха промышленного предприятия. Проектирование осуществлено в 3 основных этапа. Первым этапом проектирования выступает технические изыскания объекта, сбор необходимой информации и предварительную оценку обстоятельств. Вторым этапом проектирования выступают расчетно-графические работы производящиеся для обоснования принятых инженерно-конструкторских решений. Третим этапом проектирования выступает составление общих мер электробезопасности и экономического обоснования выбранных типов оборудования.

1 Общая часть

1.1 Краткая характеристика проектируемого объекта

Электроснабжение механического цеха предприятия ТОО «Мех-Цех» предстоит выполнить отталкиваясь от первичных данных по механическому цеху полученных в результате технических изысканий и сведенных в таблицу 1.1.

В процессе проведения технических изысканий были определены виды электроприемников и их характеристики. Были определены внутренние размеры помещения цеха, что позволило произвести расчет общего равномерного освещения. Механический цех рассматриваемого предприятия предполагает работы с применением точного оборудования и потенциально опасных механизмов. В этой связи, должна быть предусмотрена установка дополнительных светоточек для обеспечения местного освещения у каждого технологического оборудования.

Таблица 1.1 – Электрические нагрузки механического цеха

Номер по плану	Наименование оборудования	Мощность , кВт
1	Токарный станок	11
2	Токарный станок	15
3	Токарный станок	2,2
4	Шлифовальный станок	17
5	Шлифовальный станок	18
6	Шлифовальный станок	20
7	Сверлильный станок	10,5
8	Сверлильный станок	7,2
9	Сверлильный станок	2,1
10	Сверлильный станок	2
11	Фрезерный станок	3,7
12	Фрезерный станок	5,2
13	Фрезерный станок	18,2
14	Фрезерный станок	5,3
15	Токарно винторезный	4
16	Токарно винторезный	35
17	Токарно винторезный	20
18	Обдирочно-шлифовальный	18
19	Обдирочно-шлифовальный	35
20	Обдирочно-шлифовальный	35
21	Сварочный трансформатор	21
22	Пресс	200
23	Кран-балка	4,17
24	Кран-балка	4,17

2 Расчетно-графическая часть

2.1.1 Светотехнический расчет. Выбор системы освещения

Освещение занимает особую роль в электроснабжении промышленных предприятий. Это обуславливается прежде всего безопасностью рабочего процесса, так как недостаточная освещенность является одной из наиболее частых причин травматизма.

В соответствии с нормами [1], регулируемым значением освещенности в производственном помещении является 300 лк. Для подсобных помещений и рабочих кабинетов составляет 150 лк.

Для рассматриваемого производственного цеха и входящих в него подсобных помещений принимаем комбинированную систему освещения.

2.1.2 Выбор светильников и предварительное размещение светильников

Для определения типа источников света для общего освещения, использованы данные технического изыскания сведенные в таблицу 2.1.1.

Таблица 2.1.1 – результаты тех.изысканий для светотехнического расчета

Наименование помещения	Размеры рабочего помещения Д-Ш-В	Условия внешней среды	Коэффициенты отражения			Разряд зрительных работ
			ρ_n	ρ_c	ρ_p	
Цех	36-27-6	пыльные	0,7	0,5	0,1	VI

Выбор пал на ртутные газоразрядные лампы. Данный вид источников света преимущественно используются для освещения помещений производственного характера, высотой потолков более 5 м. Расчет производим используя метод коэффициента использования.

Условная рабочая поверхность, до светоточки определяется по формуле:

$$H_p = H - h_c - h_p, \text{ м}, \quad (2.1.1)$$

где h_p – высота поверхности подрасчетной над полом, принятая равной $h_p = 0,8 \text{ м}$;

h_c – свес светильника $h_c = C = 0,2 \text{ м}$;

$$H_p = 6 - 0,2 - 0,8 = 5 \text{ м}.$$

Для выбранных типов светильников марки, значение L/H_p принимаем равным 1.

Дистанция между рядами светильников L по формуле :

$$L = H_p \cdot 1, \text{ м}, \quad (2.1.2)$$

$$L = 5 \cdot 1 = 5 \text{ м.}$$

Расстояние между рядом светильников и стеной по формуле :

$$l = L \cdot 0.5, \text{ м}, \quad (2.1.3)$$

$$l = 5 \cdot 0.5 = 2,5 \text{ м.}$$

Определяем количество рядов по формуле :

$$R = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1, \text{ шт}, \quad (2.1.4)$$

$$R = \frac{27 - 2 \cdot 2,5}{5} + 1 = 5,6 \approx 6.$$

Количество светильников в одном ряду определяем по формуле :

$$N_R = \frac{A - 2 \cdot l}{L} + 1, \text{ шт} \quad (2.1.5)$$

$$N_R = \frac{36 - 2 \cdot 2,5}{5} + 1 = 7,4 \approx 7 \text{ шт.}$$

Общее количество светильников рабочего освещения :

$$N = R \cdot N_R, \text{ шт} \quad (2.1.6)$$

$$N = 6 \cdot 7 = 42$$

В виду особенностей рабочего помещения, осуществима установка 41 лампы.

Фактическое значение расстояния между светильниками в ряду и между рядами определяем по формуле :

$$L_B = \frac{B - 2 \cdot l}{R - 1}, \text{ м}, \quad (2.1.7)$$

$$L_A = \frac{A - 2 \cdot l}{N_R - 1}, \text{ м,} \quad (2.1.8)$$

$$L_B = \frac{27 - 2 \cdot 2,5}{6 - 1} = 4,6 \text{ м,}$$

$$L_A = \frac{36 - 2 \cdot 2,5}{7 - 1} = 5,3 \text{ м.}$$

Определяем индекс помещения по формуле :

$$i_n = \frac{A * B}{H_p * (A + B)}, \quad (2.1.9)$$

$$i_n = \frac{36 \cdot 27}{5 \cdot (36 + 27)} = 3,086 .$$

Используя таблицы из справочника, значение коэффициента использования принимаем равным: $\eta_{oy} = 89\%$.

Коэффициент отношения средней освещенности к минимальной для ламп ДРЛ принимаем равным $z = 1.15$.

Используя данные производственного помещения рассчитываем световой поток светоточки :

$$F_{л} = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta_{oy}}, \text{ лм,} \quad (2.1.10)$$

$$F_{л} = \frac{300 \cdot 1.4 \cdot 36 \cdot 27 \cdot 1.15}{41 \cdot 0.89} = 12865 \text{ лм.}$$

Принимаем люминисцентную лампу газоразрядную лампу марки ГСП 18 мощностью $P_n = 175$ Вт и световым потоком $\Phi_n = 12000$ лм.

Совокупную мощность газоразрядных ламп рассчитываем по формуле:

$$P_{уст} = N \cdot P_n, \text{ шт,} \quad (2.1.11)$$

$$P_{уст} = 41 \cdot 175 \text{ Вт} = 7175 \text{ Вт} = 7,175 \text{ кВт.}$$

Уточненные значения расстояний между светоточками определяются по формуле:

$$L_A = \frac{A - 2 \cdot l - N_R \cdot l_a}{N_R - 1}, \text{ м,} \quad (2.1.12)$$

$$L_A = \frac{36 - 2 \cdot 2.5 - 7 \cdot 0.529}{7 - 1} = 4,5495 \text{ м.}$$

Если количество рядов $n > 1$, делаем расчет расстояния между рядами по формуле :

$$L_B = \frac{B - 2 \cdot l - R \cdot l_b}{R - 1}, \text{ м,} \quad (2.1.13)$$

$$L_B = \frac{27 - 2 \cdot 2,5 - 6 \cdot 0.529}{6 - 1} = 3,7652 \text{ м.}$$

Основываясь на полученных результатах расчета, спроектирована схема местонахождения светоточек.

В механическом цехе имеются подсобные помещения и помещения для отдыха персонала. Светотехнический расчет освещения рассмотренных помещений производим аналогично. Результаты сведены в таблицу 2.1.2

Таблица 2.1.2 – Светотехнический расчет помещений

Наименование помещения	Тип лампы	$E_{\text{мин}},$ лк	$P_{\text{уст}},$ кВт	$L_A,$ м	$L_B,$ м
Цех	ДРИ	300	7.175	4.5495	3.7652
Мастерская	ЛДЦ36	150	0,144	1,5	2,36
Трансформаторная	ЛБ18	100	0,144	1,46	1,42

2.1.3 Проектирование схем электропитания и расчет сечений проводников осветительной сети

Линия освещения цеха выполняется из трехфазных питающих линий и распределительных однофазных. Трехфазные линии в связи общепринятыми нормами выполняем пятипроводными, а однофазные трехпроводными. В зависимости от количества линий отходящих от щитка освещения принимаем один щит марки ОП – 9УХЛ4. Систему освещения было решено поделить на 9 линий и питающую линию ЩО. План расстановки светоточек и линий освещения показаны на рисунке 1.1.

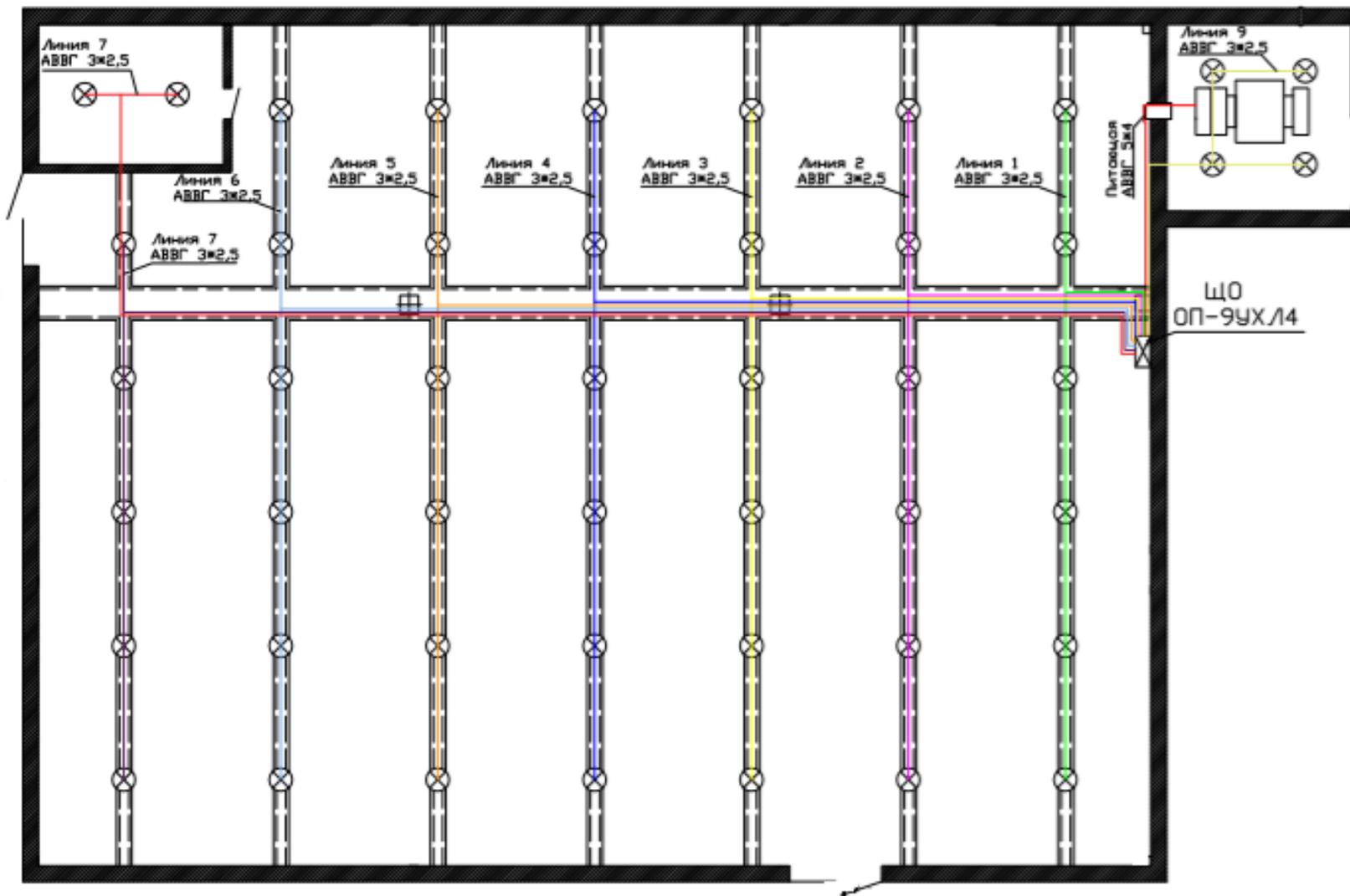


Рисунок 2.1 - План расстановки светоточек и распределительных линий освещения

Определяем мощность каждой распределительной и питающей линии по формуле:

$$P_p = K_c \cdot K_{\text{ПРА}} \cdot P_{\text{ном}} \cdot N_{\text{ряд}}, \text{ кВт}, \quad (2.1.14)$$

Принимаем коэффициент спроса K_c равный единице для распределительных сетей и 0.85 для питающих. Коэффициент учитывающий потери в ПРА для принятого типа ламп равен 1,1.

Расчетная мощность линии питания щита освещения определяем по формуле:

$$P_{\text{пит}} = K_c \cdot \sum_{i=1}^n P_p, \text{ кВт}, \quad (2.1.15)$$

Расчетная сила тока линии питающей ЩО определяем по формуле :

$$I_p = \frac{P_{\text{пит}}}{3 \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi}, \text{ кВт}, \quad (2.1.16)$$

Расчетная сила тока однофазных распределительных линий определяем по формуле :

$$I_p = \frac{P_{\text{пит}}}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi}, \text{ кВт}, \quad (2.1.17)$$

Выбор сечения кабельной продукции для распределения электроэнергии по сетям освещения произведем по условию :

$$I_{\text{доп}} \geq I_p \quad (2.1.18)$$

Результаты расчета и выбора сечения кабеля распределительных и питающих линий сведены в таблицу 2.1.3.

Таблица 2.1.3 – Данные расчета осветительной линий

Линия освещения	Расчётная мощность, кВт	Ток линии, А	Проводник		
			Марка кабеля	Число и сечение жил	$I_{\text{доп.}}$ А
Питающая	6,97	20,3	АВВГ	5х4	24,84
Линия 1	1,155	10,5	АВВГ	3х2,5	19
Линия 2	1,3475	12,25	АВВГ	3х2,5	19
Линия 3	1,3475	12,25	АВВГ	3х2,5	19
Линия 4	1,3475	12,25	АВВГ	3х2,5	19
Линия 5	1,3475	12,25	АВВГ	3х2,5	19
Линия 6	1,3475	12,25	АВВГ	3х2,5	19
Линия 7	0,1728	0,85	АВВГ	3х2,5	19
Линия 8	0,0864	0,43	АВВГ	3х2,5	19
Линия 9	0,0432	0,215	АВВГ	3х2,5	19

2.1.4 Выбор аппаратов защиты системы освещения.

Для обеспечения защиты линии освещения от коротких замыканий и токов перегрузок, требуется выбрать аппараты защиты. Защита линии электроснабжения защищаемых участков выполняется автоматическими выключателями и плавкими предохранителями.

Защиту сетей освещения решено обеспечить путем установки автоматических выключателей модульного исполнения в щите освещения на металлическом профиле.

Автоматические выключатели выбираются по следующему условию:

$$I_{\text{НОМ.авт}} > I_p \cdot K_3, \quad (2.1.19)$$

где K_3 – коэффициент запаса.

Расчет и проверка условию 2.1.19 произведены, результаты выбора автоматических выключателей сведены в таблицу 2.1.4.

Таблица 2.1.4 – Выбор автоматических выключателей осветительных сетей

Линия освещения	Расчётная мощность, кВт	K_3	Ток линии, А	Защитный аппарат		
				Марка автомата	Ток автомата	Ток расцепителя
ЩО						
<u>Питающая</u>	6,97	-	20,3	-	-	-
Линия 1	1,155	1,4	10,5	AE1031	25	16
Линия 2	1,3475	1,4	12,25	AE1031	25	25
Линия 3	1,3475	1,4	12,25	AE1031	25	25
Линия 4	1,3475	1,4	12,25	AE1031	25	25
Линия 5	1,3475	1,4	12,25	AE1031	25	25
Линия 6	1,3475	1,4	12,25	AE1031	25	25
Линия 7	0,1728	1	0,85	AE1000	10	6
Линия 8	0,0864	1	0,43	AE1000	10	0,5
Линия 9	0,0432	1	0,215	AE1000	10	0,32

2.2 Расчет силовой сети механического цеха

2.2.1 Выбор схемы выполнения электроснабжения силового электрооборудования механического цеха

Внутренние сети электроснабжения механического цеха делятся на питающие а так же распределительные. К питающим линиям относятся те линии, отходящие от шин 0.4 кВ трансформаторной подстанции к распределительным пунктам. К распределительным линиям относятся те линии, отходящие от распределительных пунктов к конечным электроприемникам.

Система электроснабжения электрооборудования внутри цеха,

подразделяется на магистральную, радиальную и комбинированную. В рассматриваемом цехе в силу не равномерно распределенных по площади цеха станков и электроприемников, следует применить комбинированную систему электроснабжения, путем применения распределительных пунктов в виде силовых распределительных щитов в количестве 4 штук, установленных по периметру цеха питаемых магистральными линиями.

Распределение электроэнергии может осуществляться различной проводниковой продукцией, таких как кабели, алюминиевые и медные шинопроводы и тд. Для рассматриваемого цеха принято решение применять преимущественно кабели марок АПВ, АВВГ и ВВГ.

Прокладку вышеуказанных проводников для питающих линий осуществляем в перфорированных лотках, в теле бетона и металлоруковах.

Питание электроприемников механического цеха решено по радиальной схеме от распределительных щитов.

2.2.2 Расчет силовых электрических нагрузок

Основными потребителями механического цеха являются станки и другие электрооборудования для обработки металла и другого сырья. Расчет нагрузок механического цеха производим методом “упорядоченных диаграмм”.

В рассматриваемом цехе планируется установка электроприемников с повторно-кратковременным режимом работы Привели установленную мощность агрегатов к значению ПВ=100% по формуле :

$$P_H = P_{уст} * \sqrt{ПВ}, \text{ кВт} \quad (2.2.1)$$

Производим распределение электроприемников по характерным группам предполагаемо присоединяемых к одному узлу питания. Среднее значение активной и реактивной нагрузки определяем по формуле :

$$P_{см} = P_H * K_H, \text{ кВт} \quad (2.2.2)$$

$$Q_{см} = P_{см} * \tan \varphi, \text{ кВар} \quad (2.2.3)$$

где K_H – коэффициент использования по справочнику.

Эффективное число электроприемников $n_э$ для рассматриваемого узла питания принимаем по следующим условиям :

- при $m = \frac{P_{ном.макс}}{P_{ном.мин}} \leq 3$ числом $n_э$ будет принято фактическое количество электроприемников питаемых рассматриваемым узлом.
- при $m \geq 3$ и значениях $K_H = 0.2$, число $n_э$ определяем по формуле :

$$n_{\text{э}} = \frac{2 * \sum_1^n P_{\text{НОМ}}}{P_{\text{НОМ.МАКС}}}, \quad (2.2.4)$$

Определяем получасовую максимальную нагрузку активной энергии узла питания по формуле :

$$P_{\text{М}} = P_{\text{СМ}} * K_{\text{М}} + P_{\text{р.осв}}, \text{ кВт} \quad (2.2.5)$$

Где $K_{\text{М}}$ – коэффициент максимума, зависящий от значения $n_{\text{э}}$ и $K_{\text{и}}$ определяемый по справочнику.

Реактивная пиковая нагрузка принимается равной :

- при $n_{\text{э}} \leq 10$, то $Q_{\text{М}} = 1.1 * Q_{\text{СМ}}$, кВар;
- при $n_{\text{э}} \geq 10$, то $Q_{\text{М}} = Q_{\text{СМ}}$, кВар.

Пиковая полная нагрузка рассматриваемого узла определяется по формуле :

$$S_{\text{М}} = \sqrt{P_{\text{М}}^2 + Q_{\text{М}}^2}, \text{ кВА} \quad (2.2.6)$$

Пиковый ток узла определяем по формуле для трехфазного тока :

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{М}}}{\sqrt{3} * U_{\text{н}}}, \text{ А} \quad (2.2.7)$$

Исходя из данных технических изысканий сведенных в таблицу 1.1, было решено осуществить распределение электроэнергии по электрооборудованиям напольной установки путем прокладки магистральных шинопроводов.

Результаты произведенных расчетов нагрузок механического цеха для распределительных пунктов РП1, РП2, РП3 и РП4 сведены в таблицу 2.2.1.

2.2.3 Выбор цехового трансформатора

В проект электроснабжения механического цеха закладывается установка трансформаторной подстанции. С учетом произведенных ранее расчетов нагрузки цеха, а так же произведенного технического изыскания, решено установить трансформаторную подстанцию пристроенном помещении на торце здания. Количество трансформаторов устанавливаемых в трансформаторной подстанции принимается в зависимости от категории электропотребителя.

Таблица 2.2.1 – Расчет нагрузок механического цеха

Наименование ЭП	n	Установленная мощность, кВт		m	K _н	cosφ/tgφ	Средняя нагрузка		n _э	K _р	Расчетная нагрузка			I _{расч} , кА
		однотипных ЭП, min max	общее				P _{см} , кВт	Q _{см} , кВар			P _р , кВт	Q _р кВар	S _р , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
РП-1														
1 Токарный станок	1	3	3		0,12	0,4/2,3	0,36	0,828						
2 Токарный станок	1	2,1	2,1		0,12	0,4/2,3	0,252	0,58						
4 Шлифовальный станок	1	2,8	2,8		0,35	0,65/1,17	0,98	1,15						
5 Шлифовальный станок	1	3,7	3,7		0,35	0,65/1,17	1,295	1,515						
6 Шлифовальный станок	1	5,1	5,1		0,35	0,65/1,17	1,785	2,09						
ИТОГО по РП-1	5	2,1/5,1	16,7	<3	0,28	0,6/1,3	4,672	6,113	4	1,55	7,24	6,724	9,88	15
РП-2														
16 Токарно-винторезный станок	1	18	18		0,12	0,4/2,3	2,16	4,968						
17 Токарно-винторезный станок	1	20	20		0,12	0,4/2,3	2,4	5,52						
18 Обдирочно-шлифовальный станок	1	22	22		0,35	0,65/1,17	7,7	9,009						
19 Обдирочно-шлифовальный станок	1	30	30		0,35	0,65/1,17	10,5	12,285						
20 Обдирочно-шлифовальный станок	1	35	35		0,35	0,65/1,17	12,25	14,33						
ИТОГО по РП-2	5	18/35	125		0,28	0,6/1,3	35,01	46,112	4	1,55	54,27	50,72	74,28	112,9

Продолжение таблицы 2.2.1

РП-3															
3 Токарный станок	1	2,5	2,5		0,12	0,4/2,3	0,3	0,69							
7 Сверлильный станок	1	10	10		0,12	0,4/2,3	1,2	2,76							
8 Сверлильный станок	1	9,5	9,5		0,12	0,4/2,3	1,14	2,622							
10 Сверлильный станок	1	2	2		0,12	0,4/2,3	0,24	0,552							
11 Фрезерный станок	1	5,2	5,2		0,12	0,4/2,3	0,624	1,435							
ИТОГО по РП-3	5	2/10	29,2	>3	0,12	0,4/2,3	3,504	8,059	3	3,4	11,91	8,865	14,85	22,56	
РП-4															
9 Сверлильный станок	1	1,8	1,8		0,12	0,4/2,3	0,216	0,4968							
12 Фрезерный станок	1	14,3	14,3		0,12	0,4/2,3	1,716	3,9468							
13 Фрезерный станок	1	14,3	14,3		0,12	0,4/2,3	1,716	3,9468							
14 Фрезерный станок	1	7,3	7,3		0,12	0,4/2,3	0,876	2,015							
15 Токарно-винторезный станок	1	4	4		0,12	0,4/2,3	0,48	1,104							
ИТОГО по РП-4	5	1,8/14,3	41,7	>3	0,12	0,4/2,3	5,004	11,509	3	3,4	17,01	12,66	17,38	26,4	
РП-5 - 23-24 Кран-балка	2	4,17	8,34	<3	0,1	0,5/1,73	0,834	1,443	2	6,22	5,187	1,587	5,4	8,2	
22 Пресс	1	132	132	<3	0,17	0,65/1,17	22,44	26,25	1	5	132	28,87	135	205	
21 Сварочный трансформатор	1	21	21	<3	0,3	0,62/1,27	6,3	8	1	2,67	21	8,8	22,77	34,6	
Итого по силовой нагрузке	24	1,8/132	373,94	>3	0,2	0,59/1,38	77,764	107,486	5	1,02	132	109,64	171,6	260,7	
ЩО	51	—	—	—	—	0,52/1,64	—	—	—	—	6,97	11,43	13,38	20,3	
ЩОА	8	—	—	—	—	0,99/0,14	—	—	—	—	0,343	0,048	0,346	0,53	
Освещение	59	—	—	—	—	0,54/1,55	—	—	—	—	7,313	11,478	13,61	20,7	
Итого до компенсации	—	—	—	—	—	0,75/0,87	—	—	—	—	139,313	121,12	184,6	280	

Принимаем решение о установке одного трансформатора, так как в рассматриваемом механическом цехе большинство электроприемников относятся к III категории электропотребителей.

Мощность трансформаторной подстанции подбирается по совокупной нагрузке механического цеха по формуле :

$$S_{p.т} = \frac{P_p}{K_3 \cdot N_T}, \text{кВА}, \quad (2.2.8)$$

где P_p – совокупная мощность механического цеха;

K_3 – загрузочный коэффициент трансформатора равный 0,9;

N_T – количество силовых трансформаторов.

$$S_{p.т} = \frac{139,3}{0,9 \cdot 1} = 154,8 \text{ кВА}$$

Используя данные расчета нагрузок, выбираем трансформатор марки ТМГ-160-10/0.4, технические характеристики которого сведены в таблицу 2.2.2.

Таблица 2.2.2 – Технические характеристики ТМГ-160-10/0.4

$I_{xx}, \%$	$U_{кз}, \%$	$\Delta P_{xx}, \text{кВт}$	$\Delta P_{кз}, \text{кВт}$	$U_{вн}, \text{кВ}$	$U_{нн}, \text{кВ}$	Длина мм	Ширина м	Высота м
2	4,5	0,41	2,65	10	0,4	1000	730	1225

Расчет фактического коэффициента загрузки трансформатора производим по формуле :

$$K_3 = \frac{S_{p.т}}{S_{нТП}}, \quad (2.2.9)$$

$$K_3 = \frac{154,8}{160} = 0,96$$

2.2.4 Расчет оборудования для компенсации реактивной мощности

Процесс оптимизации любого промышленного комплекса включает в себя и оптимизацию электроэнергетического аспекта производства. Компенсация реактивной энергии потребляемой промышленным цехом является неотъемлемой частью данного процесса.

Мощность передаваемую посредством трансформатора в сеть 0.4 кВ определяется формулой :

$$Q_T = \sqrt{(1,1 \cdot K_z \cdot S_T \cdot N_{\text{мин}})^2 - P_p^2}, \text{кВар}, \quad (2.2.10)$$

$$Q_T = \sqrt{(1,1 \cdot 0,9 \cdot 160 \cdot 1)^2 - 139,3^2} = 75 \text{ кВар}.$$

Мощность низковольтных конденсаторных батарей определяем по формуле:

$$Q_{\text{НКБ}} = Q_p - Q_T, \text{кВар}, \quad (2.2.11)$$

$$Q_{\text{НКБ}} = 121,12 - 75 = 46,1 \text{ кВар}.$$

Принимаем низковольтную установку компенсации реактивной мощности марки УКМ58-0,4-50-25 У3 с максимальной мощностью $Q_{\text{НКБ}} = 75$ кВар.

Реактивная мощность потребляемая производственным цехом после установки низковольтных конденсаторных батарей определяем по формуле:

$$Q_{\text{р.к}} = Q_p - Q_{\text{НКБ}}, \text{кВар}, \quad (2.2.12)$$

$$Q_{\text{р.к}} = 121,12 - 75 = 45,12 \text{ кВар}.$$

Производим перерасчет мощности и силы тока после установки компенсации реактивной мощности. Результаты пересчета: $S_{\text{цех}} = 146,7$ кВА, $I_{\text{цех}} = 223$ А.

2.2.5 Выбор низковольтных аппаратов защиты

Низковольтные аппараты защиты – это прежде всего автоматические выключатели модульного и литого типа, а так же предохранители с плавкой вставкой. Защиту производственных электрических сетей рекомендовано выполнять автоматическими выключателями в силу их быстродействия, скорости восстановления электроснабжения и возможности автоматизации процесса.

Выбор воздушных автоматических выключателей выполняется по следующим условиям :

$$U_0, \text{В} \geq U_{\text{сети}}, \text{В}, \quad (2.2.13)$$

$$I_{\text{ном.т}}, \text{А} \geq 1,1 \cdot I_p, \text{А}, \quad (2.2.14)$$

$$I_{\text{ном.э}}, \text{ A} \geq 1.25 \cdot I_{\text{пуск}}, \text{ A}, \quad (2.2.15)$$

где I_p – расчетный ток защищаемой линии электроснабжения;
 $I_{\text{ном.т}}$ – ток номинальный для тепловой уставки автомата;
 $I_{\text{ном.э}}$ – электромагнитного расцепителя выключателя;
 $I_{\text{пуск}}$ – ток электроприемника потребляемый в момент включения,
определяемый по формуле:

$$I_{\text{пуск}} = I_p \cdot K_{\text{пуск}}, \text{ A}, \quad (2.2.16)$$

где $K_{\text{пуск}}$ – коэффициент пуска электроприемника находимый по справочникам для каждого отдельного типа ЭП.

Абсолютным большинством электроприемников механического цеха являются производственные станки работающие посредством использования механической энергии электродвигателей. Ток потребляемый электродвигателем определяем по формуле:

$$I_n = \frac{P_n \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta_n}, \text{ A}, \quad (2.2.17)$$

Производим выбор и расчет автоматического выключателя для электроприемника №57 механического цеха.

Ток потребляемый токарным станком определяем по формуле (2.2.17):

$$I_n = \frac{3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,88 \cdot 0,845} = 6,13 \text{ A}.$$

Ток потребляемый при пуске токарного станка определяем по формуле (2.2.16) :

$$I_{\text{пуск}} = 6,13 \cdot 6,5 = 39,84 \text{ A}.$$

Выбор пал на воздушный выключатель в литом корпусе марки ВА 51 – 25 с техническими характеристиками : $I_{\text{ном.т}} = 25 \text{ A}$, $I_{\text{ном.э}} = 250 \text{ A}$. Проведем проверку на выше указанные условия:

$$380 \text{ В} \geq 380 \text{ В},$$

$$25 \text{ A} \geq 1.1 \cdot 6,3 \text{ A},$$

$$250 \text{ A} \geq 1.25 \cdot 39,84 \text{ A},$$

Выбранный автоматический выключатель соответствует всем условиям. Остальные аппараты защиты выбираем аналогичным методом. Результаты проведенных выборов и расчетов сведены в таблицу 2.2.3.

2.2.6 Выбор сечений кабельных линий

Сечения жил кабельных линий рассчитывается с учетом условий их прокладки, особенностей выбранных марок кабеля и правил ПУЭ.

В рассматриваемом механическом цехе кабельные линии решено прокладывать с использованием перфорированных лотков и металлорукавов. Магистральная линия от главного распределительного щита расположенного в трансформаторной прокладывается в перфорированных лотках до распределительных пунктов. Распределительные линии протягиваются в металлорукавах к ЭП.

Выбор сечения кабельной продукции для распределительных сетей по условию :

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_p \cdot K_3}{K_{\text{п}}}, \text{ А}, \quad (2.2.18)$$

где $I_{\text{доп}}$ – ток кабеля допустимый для длительного прохождения;

I_p – ток потребляемый электроприемником или группой ЭП.

При выборе сечения кабельных линий внутренних сетей выбранный кабель подвергают проверке на потери напряжения в процентном соотношении которое не должно превышать 5% по формуле :

$$\Delta U = \frac{M}{S \cdot k}, \% \quad (2.2.19)$$

где S – сечение выбранного кабеля, мм²;

M – момент налагаемый на нагрузку электроприемника линии, рассчитываемый по формуле:

$$M = K_{\text{п}} \cdot L, \text{ кВт} \cdot \text{ м} \quad (2.2.20)$$

Далее произведен расчет для токарного станка :

Линия питания токарного станка является трехфазной. В силу необходимости обеспечения безопасности персонала линия выполняется четырехпроводной. Выбран кабель марки АВВГ 4х2,5 с допустимым длительным током $I_{\text{доп}} = 17,48$ А. Прокладку кабеля решено осуществить в металлорукавах в теле бетона.

Таблица 2.2.3 – Выбор воздушных автоматических выключателей

№ на плане	Наименование ЭП	Техническая характеристика ЭП						Защитный аппарат			
		R _н , кВт	cos φ	η	K _i	I _{ном} , А	I _{пуск} , А	Тип	I _{ном} , А	I _{н.р.} , А	I _{ср.р.} , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Токарный станок	3	0,88	84,5	6,5	6,13	39,84	ВА 51-25	25	6,3	63
2	Токарный станок	2,1	0,87	83	6,5	4,42	28,72	ВА 51Г-25	25	4,5	63
3	Токарный станок	2,5	0,87	83	6,5	5,26	34,19	ВА 51-25	25	6,3	44,1
4	Шлифовальный станок	2,8	0,88	84,5	6,5	5,72	37,19	ВА 51-25	25	6,3	63
5	Шлифовальный станок	3,7	0,89	86,5	7,5	7,3	54,77	ВА 51-25	25	8	80
6	Шлифовальный станок	5,1	0,91	87,5	7,5	9,73	73	ВА 51-25	25	10	100
7	Сверлильный станок	10	0,9	88	7,5	19,18	143,88	ВА 51-25	25	20	200
8	Сверлильный станок	9,5	0,9	88	7,5	18,22	136,68	ВА 51-25	25	20	200
9	Сверлильный станок	1,8	0,87	83	6,5	3,79	24,62	ВА 51Г-25	25	4,5	63
10	Сверлильный станок	2	0,87	83	6,5	4,2	27,35	ВА 51Г-25	25	4,5	63
11	Фрезерный станок	5,2	0,91	87,5	7,5	9,92	74,41	ВА 51-25	25	10	100
12-13	Фрезерный станок	14,3	0,91	88	7	27,13	189,91	ВА 61-31	100	31,5	315
14	Фрезерный станок	7,3	0,88	87,5	7,5	14,4	108	ВА 51-25	25	16	160
15	Токарно-винторезный станок	4	0,89	86,5	7,5	7,89	59,2	ВА 51-25	25	8	80
16	Токарно-винторезный станок	18	0,92	88,5	7	33,6	235,12	ВА 61-31	100	40	400
17	Токарно-винторезный станок	20	0,91	88,5	7,5	37,73	282,98	ВА 61-31	100	40	400
18	Обдирочно-шлифовальный станок	22	0,91	88,5	7,5	41,5	311,28	ВА 61-31	100	50	500
19	Обдирочно-шлифовальный станок	30	0,9	90,5	7,5	55,96	419,7	ВА 61-31	100	63	630
20	Обдирочно-шлифовальный станок	35	0,89	90	7,5	66,39	497,91	ВА 61-31	100	80	800
21	Сварочный трансформатор	42	0,91	88,5	7,5	51,44	-	ВА 61-31	100	63	-
22	Пресс	132	0,89	91,5	7	246,27	1723,9	ВА 51-35	250	250	3000
23-24	Кран-балка	13,2	0,91	87,5	7,5	12,69	95,175	АЕ 2020	16	16	192

Коэффициенты поправок для выбранного кабеля принимаем $K_{\pi} = 1.06$ и $K_3 = 1$. Проверку выбранного проводника по вышеуказанным условиям:

$$17.48 \geq \frac{6,3 \cdot 1}{1,06} = 5,9 \text{ А,}$$

$$M = 11 \cdot 30 = 330 \text{ кВт} \cdot \text{м,}$$

$$\Delta U = \frac{330}{2,5 \cdot 72} = 1.83 \% \leq 5 \% .$$

Все проверки условиям подтвердились. Утверждаем выбранную марку кабеля. Остальные расчеты по ЭП аналогичен. Результаты расчетов проиллюстрированы в таблице 2.2.4.

2.2.7 Выбор высоковольтного оборудования и расчет питающих линий

Распределение электроэнергии по электроприемникам механического цеха осуществляется распределительными пунктами расположенных по периметру цеха. В качестве распределительных пунктов используются щиты со сборными шинами и аппаратами защиты. Выбор типа и марки распределительного щита производится на основе требуемых характеристик, таких как : величина номинального тока и напряжения, типа исполнения, степени защиты. Далее выполняется выбор и расчет распределительного пункта РП1.

В качестве распределительного пункта выбираем силовой распределительный щит ПР 8503 – 2059 – 2Т2 с техническими характеристиками : напольный тип исполнения, $I_{\text{ном}} = 250\text{А}$, на 6 отходящих линий, степень защиты IP54, ввод питающего кабеля сверху. Остальные распределительные пункты выбираются аналогично.

Защиту питающей линии РП1 осуществляем автоматическим выключателем в литом корпусе. Выбор выключателя производим по следующей формуле:

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск.макс}} + I_{\text{р}} - (K_{\text{и.макс}} \cdot I_{\text{ном.макс}}), \text{ А,} \quad (2.2.21)$$

где $I_{\text{пуск.макс}}$ – ток потребляемый во время пуска наиболее энергоемкого электроприемника, А;

$K_{\text{и.макс}}$ – коэффициент характеризующий степень загруженности наиболее энергоемкого электроприемника;

Таблица 2.2.4 – Расчет и выбор проводников распределительной сети

Номер на плане	Характеристика оборудования			Защитный аппарат		Линия		
	Наименование оборудования	Количество однотипных приёмников	Ip/Ипуск	Тип	Ток In/In.p.	Марка	Количество жил и сечение	Идоп, А
1	2	1	4	5	6	7	8	9
1	Токарный станок	1	6,13 / 39,84	ВА 51-25	25 / 6,3	АВВГ	4x2,5	17,48
2	Токарный станок	1	4,42 / 28,72	ВА 51Г-25	25 / 4,5	АВВГ	4x2,5	17,48
3	Токарный станок	1	5,26 / 34,19	ВА 51-25	25 / 6,3	АВВГ	4x2,5	17,48
4	Шлифовальный станок	1	5,72 / 37,19	ВА 51-25	25 / 6,3	АВВГ	4x2,5	17,48
5	Шлифовальный станок	1	7,3 / 54,77	ВА 51-25	25 / 8	АВВГ	4x2,5	17,48
6	Шлифовальный станок	1	9,73 / 73	ВА 51-25	25 / 10	АВВГ	4x2,5	17,48
7	Сверлильный станок	1	19,18 / 143,88	ВА 51-25	25 / 20	АВВГ	4x4	24,84
8	Сверлильный станок	1	18,22 / 136,68	ВА 51-25	25 / 20	АВВГ	4x4	24,84
9	Сверлильный станок	1	3,79 / 24,62	ВА 51Г-25	25 / 4,5	АВВГ	4x2,5	17,48
10	Сверлильный станок	1	4,2 / 27,35	ВА 51Г-25	25 / 4,5	АВВГ	4x2,5	17,48
11	Фрезерный станок	1	9,92 / 74,41	ВА 51-25	25 / 10	АВВГ	4x2,5	17,48
12-13	Фрезерный станок	2	27,13 / 189,91	ВА 61-31	100 / 31,5	АВВГ	4x10	38,64
14	Фрезерный станок	1	14,4 / 108	ВА 51-25	25 / 16	АВВГ	4x2,5	17,48
15	Токарно-винторезный станок	1	7,89 / 59,2	ВА 51-25	25 / 8	АВВГ	4x2,5	17,48
16	Токарно-винторезный станок	1	33,6 / 235,12	ВА 61-31	100 / 40	АВВГ	4x10	38,64
17	Токарно-винторезный станок	1	37,73 / 282,98	ВА 61-31	100 / 40	АВВГ	4x10	38,64
18	Обдирочно-шлифовальный станок	1	41,5 / 311,28	ВА 61-31	100 / 50	АВВГ	4x16	55,2
19	Обдирочно-шлифовальный станок	1	55,96 / 419,7	ВА 61-31	100 / 63	АВВГ	3x25+1x16	69
20	Обдирочно-шлифовальный станок	1	66,39 / 497,91	ВА 61-31	100 / 80	АВВГ	3x35+1x25	82,8
21	Сварочный трансформатор	1	51,44 / -	ВА 61-31	100 / 63	АВВГ	3x25+1x16	69
22	Пресс	1	246,27 / 1723,9	ВА 51-35	250 / 250	АВВГ	3x185+1x95	248,4
23-24	Кран-балка	2	12,69 / 95,175	АЕ 2020	16 / 16	КГ	4x2,5	17,48

$$I_{\text{пик}} = 73 + 15 - (0,35 \cdot 9,73) = 84,6 \text{ А}$$

Предварительно принимаем автоматический выключатель марки ВА 51 – 25 с техническими характеристиками $I_{\text{ном.т}} = 25 \text{ А}$, $I_{\text{ном.э}} = 250 \text{ А}$.

Производим проверку выбранного выключателя по условиям (2.2.13), (2.2.14) и (2.2.15) :

$$380 \text{ В} \geq 380 \text{ В} ;$$

$$25 \text{ А} \geq 15 \text{ А} ;$$

$$250 \text{ А} \geq 1,25 \cdot 84,6 \text{ А} ;$$

Выключатель полностью соответствует требованиям. Утверждаем выключатель марки ВА 51 – 25. Для других распределительных щитов выбор вводных воздушных выключателей аналогичен и сведен в таблицу 2.2.5.

Выбран кабель марки АВВГ 4х2,5 с допустимым длительным током $I_{\text{доп}} = 17,48 \text{ А}$. Прокладку кабеля решено осуществить в перфорированных лотках.

Выбранное сечение кабельной продукции для питающей линии РП1 проверяем по условию (2.2.18) :

$$17,48 \geq \frac{12,5 \cdot 1}{1,06} = 11,8 \text{ А}.$$

Условие выполняется. Утверждаем выбранный кабель. Для остальных электроприемников выбор и расчет производим аналогичным образом, результаты сведены в таблицу 2.2.5.

Таблица 2.2.5 – Электрооборудование питающих линии РП

№РП	$\frac{I_{\text{пик}}}{I_{\text{р}}}$, А	Тип защитного аппарата	Ток з.а. $I_{\text{н}}/I_{\text{р}}$	Марка	Сечение	Длительный допустимый ток $I_{\text{д}}$, А
РП1 ПР 85-ИИ1 3 004-1 УЗ	84,6/15	ВА 51-25	25/12,5	АВВГ	4х4	24,84
РП2 ПР 85-ИИ1 3 001-1 УЗ	587,6/112,9	ВА 61-31	100/100	АВВГ	3х50+1х25	101,2
РП3 ПР 85-ИИ1 3 004-1 УЗ	164,5/22,56	ВА 51Г-25	25/25	АВВГ	4х4	24,84
РП4 ПР 85-ИИ1 3 004-1 УЗ	213/26,4	ВА 61-31	100/40	АВВГ	4х10	38,64
РП5 ПР 85-ИИ1 3 004-1 УЗ	102,1/8,2	ВА 51-25	25/20	АВВГ	4х4	24,84
ЩО ОП-9 УХЛ4	-	АЕ 2040	63/31,5	АВВГ	5х4	24,84

Производим выбор сборных шин 0.4 кВ трансформаторной подстанции. Выбор производится исходя из условия :

$$I_{\text{ном}} \leq I_{\text{д.доп}}, \text{ А}, \quad (2.2.22)$$

где $I_{\text{ном}}$ – ток на сборной шине 0.4 кВ в аварийном режиме, А;

$I_{\text{д.доп}}$ – ток сборной шины 0.4 кВ допустимый для длительного прохождения по паспорту, А.

Выбираем однополосную шину АД31Т 3*25 сечением $S = 75\text{мм}^2$ и током $I_{\text{ном}} = 265 \text{ А}$.

Производим проверку по условию (2.2.22) :

$$223 \text{ А} \leq 265 \text{ А}.$$

В помещении трансформаторной устанавливаем низковольтные ячейки марки ЩО 70 в количестве двух штук: вводная ячейка ЩО-70-30 с силовым выключателем с номинальным током 400А, линейная ячейка ЩО-70-06 на 6 отходящих линии, с силовыми автоматическими выключателями с номинальным током до 100А.

Вводная ячейка ЩО-70-30 оборудуем счетчиком активной и реактивной энергии. В сетях 0.4 кВ и суммарно потребляемой мощностью больше 60 кВт и силой тока свыше 100 А, трехфазный счетчик активной и реактивной электроэнергии подключается посредством трансформаторов тока. Исходя из того что $I_p = 223 \text{ А} > 100 \text{ А}$, подключение счетчика электроэнергии выполняем с использованием трансформаторов тока. В соответствии с правилами устройства электроустановок, принимаем изделие отечественного производства : трехфазный счетчик активной и реактивной энергии марки «ОТАН САР4У-Э712 5А».

Выбор ТТ производится по следующим условиям :

$$\frac{I_p}{K_T}, \text{ А} \geq I_{\text{ном.сч}} \cdot 0.4, \text{ А}, \quad (2.2.23)$$

$$\frac{I_p \cdot 0.15}{K_T}, \text{ А} \geq I_{\text{ном.сч}} \cdot 0.05, \text{ А}, \quad (2.2.24)$$

где K_T – ничто иное, чем коэффициент трансформации трансформатора тока.

Предварительно принимаем трансформаторы тока «ТТ-0,66 250/5» с $K_T = 50$. Проверка ТТ по условиям (2.2.23) , (2.2.42) :

$$\frac{223}{50} \text{ А} \geq 5 \cdot 0.4 \text{ А},$$

$$\frac{223 \cdot 0.15}{50} A \geq 5 \cdot 0.05 A.$$

Выбранный ТТ отвечает всем предъявленным условиям. Утверждаем к установке «ОТАН САР4У-Э712 5А» и «ТТ-0,66 250/5».

Трансформаторная подстанция исполнена по схеме воздух-кабель. Ввод высокого напряжения выполняем прямым через каланчу с установленными на ней проходными изоляторами марки ИПУ и предохранителями типа ПТ. Исходя от расчетного тока нагрузки выбираем изоляторы марки ИПУ-10/630-7,5УХЛ1. Патроны (предохранители) выбрали марки ПТ 1.1-10-16-20-У1. По итогам произведенных расчетов были спроектированы трассы кабельных линий и однолинейная схема РУНН. План прокладки кабельных трасс питания ЭП и схема РУНН отображены на рисунке 2.1 и 2.2.

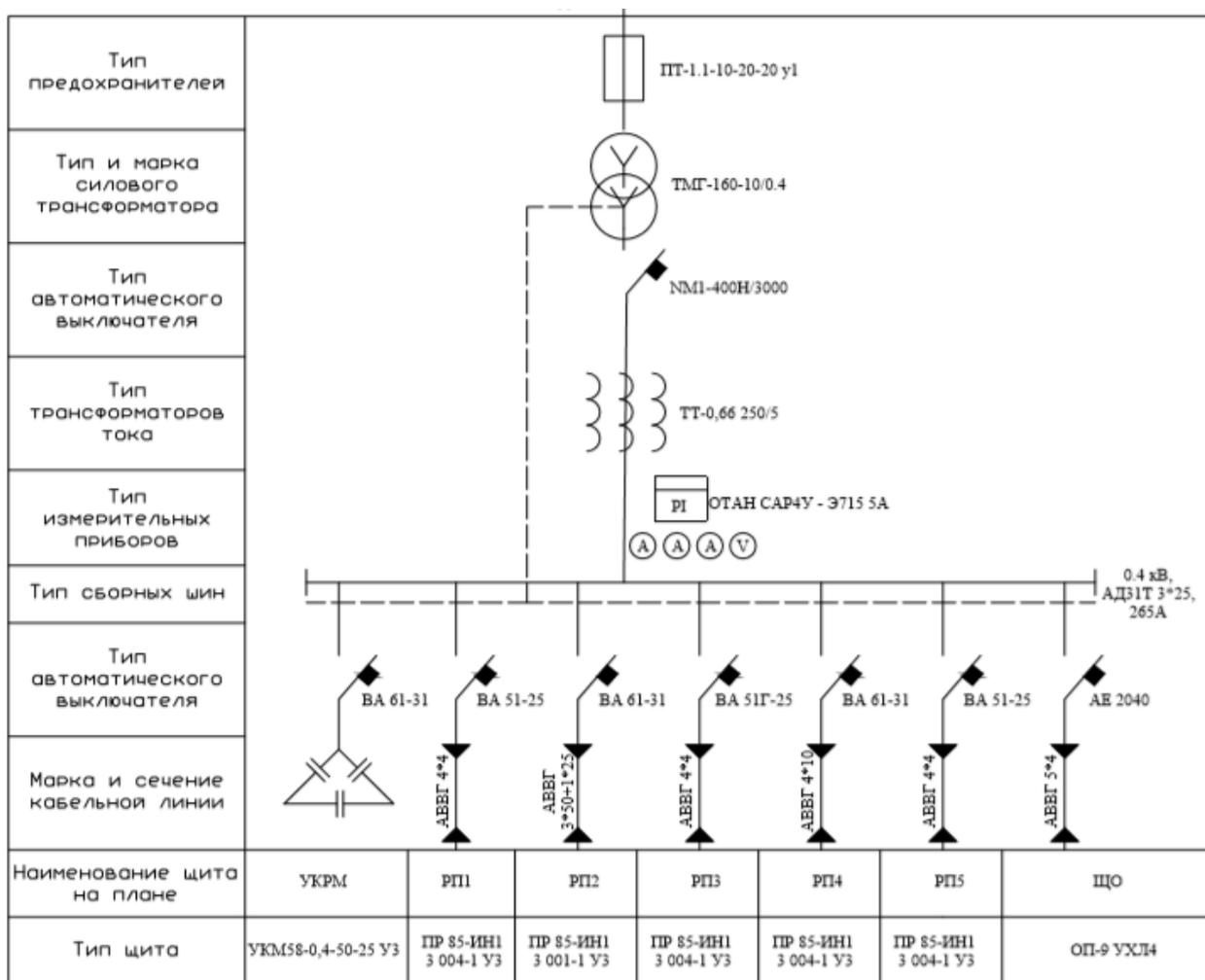


Рисунок 2.2 – Однолинейная схема исполнения РУНН 0,4кВ трансформаторной подстанции

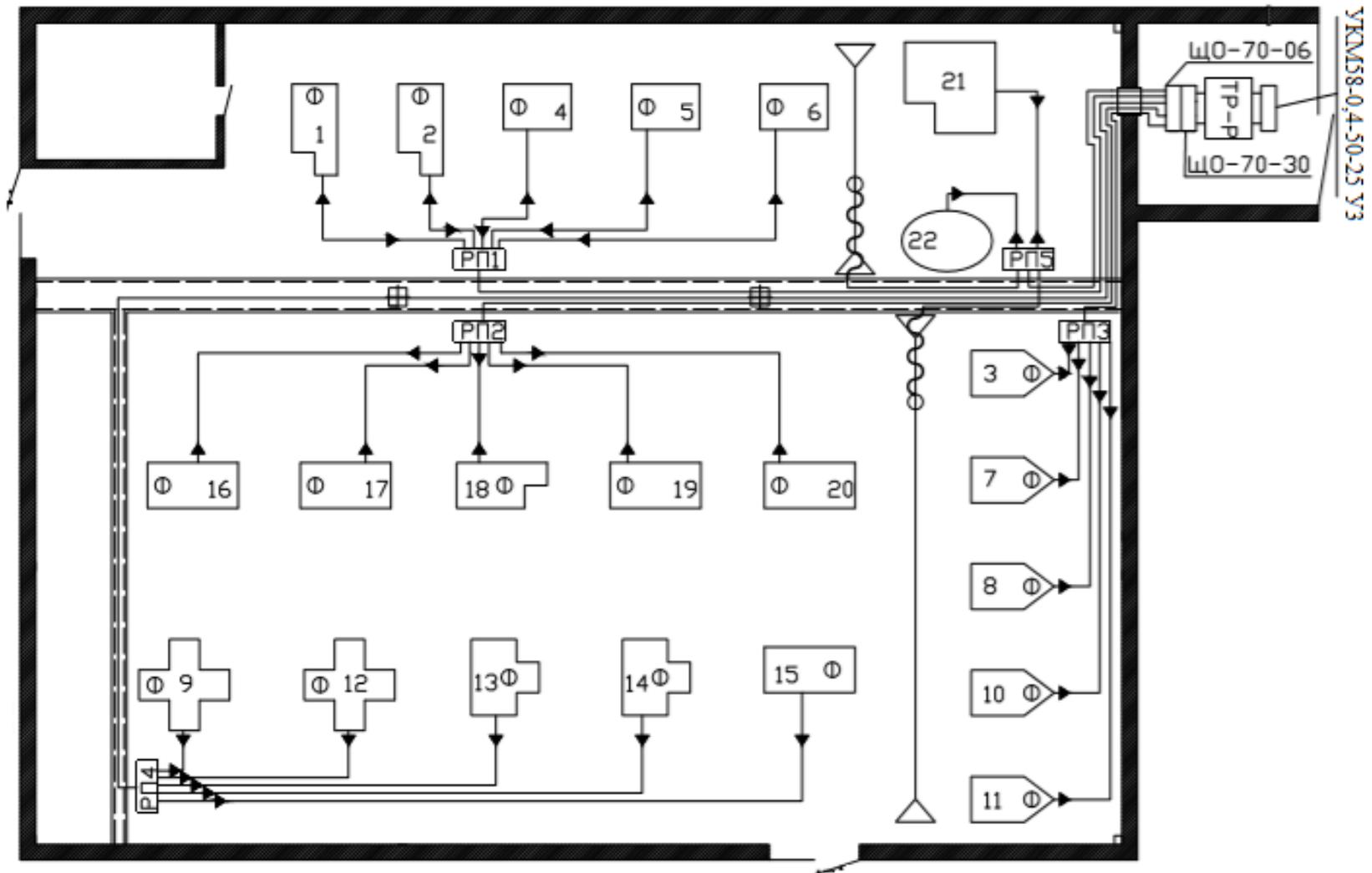


Рисунок 2.3 – План прокладки кабельных трасс питания электроприемников механического цеха

2.2.8 Расчет токов короткого замыкания

Расчет тока короткого замыкания КЗ в линиях 0.4 кВ выполняется с учетом сопротивлений всех участвующих элементов цепи, включая сопротивления в местах соединения контактов коммутирующих аппаратов. Производим расчет тока КЗ для самого отдаленного от РУНН станка. Схема замещения цепи КЗ показана на рисунке 2.3.

Определяем сопротивление системы электроснабжения X_c в мОм до выбранного трансформатора по формуле:

$$X_c = \frac{U_B \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{ПО}}}, \text{ мОм} \quad (2.2.25)$$

где U_B – напряжение системы кВ;

$I_{\text{ПО}}$ – периодическая составляющая тока КЗ (для 10кВ $I_{\text{ПО}} = 5,3\text{кА}$);

$$X_c = \frac{10,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 5,3} = 1143,8 \text{ мОм.}$$

Приводим определенное X_c к ступени НН по формуле:

$$X = X_c \cdot \frac{U_H^2}{U_B^2}, \text{ мОм,} \quad (2.2.26)$$

где U_H – напряжение сети 0.4кВ, кВ;

$$X = 1143,8 \cdot \frac{0,4^2}{10,5^2} = 1,66 \text{ мОм.}$$

Определяем сопротивление системы электроснабжения X_c в мОм до выбранного трансформатора по формуле:

$$X_c = \frac{U_B \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{ПО}}}, \text{ мОм} \quad (2.2.25)$$

где U_B – напряжение системы кВ;

$I_{\text{ПО}}$ – периодический ток КЗ равный для напряжения 10кВ $I_{\text{ПО}} = 5,3 \text{ кА}$;

$$X_c = \frac{10,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 5,3} = 1143,8 \text{ мОм.}$$

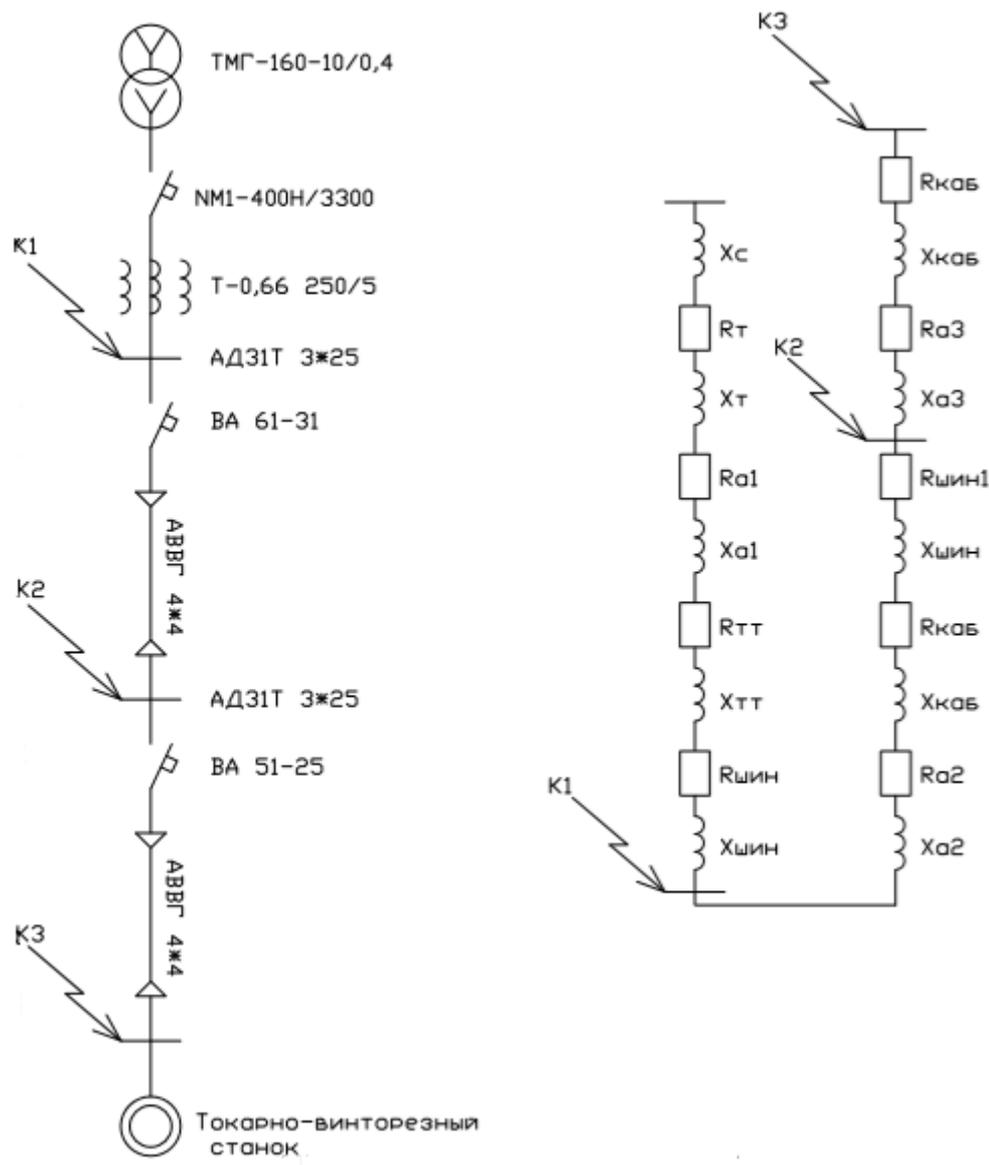


Рисунок 2.4 – Схема замещения электрической цепи

Приводим определенное X_c к ступени НН по формуле:

$$X = X_c \cdot \frac{U_H^2}{U_B^2}, \text{ мОм} \tag{2.2.26}$$

где U_H – напряжение сети 0.4кВ, кВ;

$$X = 1143,8 \cdot \frac{0,4^2}{10,5^2} = 1,66 \text{ мОм.}$$

Сопротивление трансформатора (активное) :

$$R_T = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U_H^2 \cdot 10^6}{S_H^2}, \text{ мОм}, \quad (2.2.27)$$

$$R_T = \frac{2650 \cdot 0,4^2 \cdot 10^6}{160^2} = 16,56 \text{ мОм}$$

Сопротивление трансформатора (индуктивное) :

$$X_T = \left(\sqrt{\left(\frac{U_K}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_K}{S_H}\right)^2} \right) \cdot \frac{U_H^2}{S_H} \cdot 10^6, \quad (2.2.28)$$

$$X_T = \left(\sqrt{\left(\frac{4,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{2,65}{160}\right)^2} \right) \cdot \frac{0,4^2}{160} \cdot 10^6 = 41,84 \text{ мОм}$$

По справочным и паспортным данным определяем сопротивления ТТ и автоматического выключателя:

$$\begin{aligned} R_{a1} &= 0,6 \text{ мОм}; \\ X_{a1} &= 0,7 \text{ мОм}; \\ R_{тт} &= 0,45 \text{ мОм}; \\ X_{тт} &= 0,3 \text{ мОм}; \end{aligned}$$

Определяем удельное индуктивное сопротивление сборных шин по формуле:

$$X_0 = 0,145 \lg \frac{a_{cp}}{0,25h}, \text{ мОм/м}, \quad (2.2.29)$$

где a_{cp} – расстояние между полюсами шин для плоских алюминиевых шин равный 300мм;

h – высота плоских алюминиевых шин;

$$X_0 = 0,145 \lg \frac{300}{0,25 \cdot 0,03} = 0,66 \text{ мОм}$$

Определяем удельное активное сопротивление сборных шин по формуле:

$$R_0 = \frac{l \cdot 10^3}{\gamma \cdot F}, \text{ мОм/м} \quad (2.2.30)$$

$$R_0 = \frac{0,6 \cdot 10^3}{32 \cdot 75} = 0,25 \text{ мОм/м}.$$

Сопротивления $R_{\text{шин}}$ и $X_{\text{шин}}$ алюминиевых шин длиной l определяем по формуле :

$$R_{\text{шин}} = R_0 \cdot l, \text{ мОм}, \quad (2.2.31)$$

$$X_{\text{шин}} = X_0 \cdot l, \text{ мОм}, \quad (2.2.32)$$

$$R_{\text{шин}} = 0,25 \cdot 0,6 = 0,15 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{шин}} = 0,66 \cdot 0,6 = 0,396 \text{ мОм}.$$

Расчитываем суммарное сопротивление до точки К1 по формуле :

$$R_{\text{сумК1}} = R_T + R_{a1} + R_{\text{тт}} + R_{\text{шин}}, \text{ мОм}, \quad (2.2.33)$$

$$X_{\text{сумК1}} = X + X_T + X_{a1} + X_{\text{тт}} + X_{\text{шин}}, \text{ мОм}, \quad (2.2.34)$$

$$R_{\text{сумК1}} = 16,56 + 0,6 + 0,45 + 0,15 = 17,76 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{сумК1}} = 1,66 + 41,84 + 0,7 + 0,3 + 0,396 = 44,896 \text{ мОм}.$$

Полное сопротивление цепи определяем по формуле:

$$Z_{\text{К1}} = \sqrt{R_{\text{сумК1}}^2 + X_{\text{сумК1}}^2}, \text{ мОм}, \quad (2.2.35)$$

$$Z_{\text{К1}} = \sqrt{17,76^2 + 44,896^2} = 48,3 \text{ мОм}$$

Ток короткого замыкания в трехфазных сетях расчитываем по формуле :

$$I_{\text{кз}}^{(3)} = \frac{U_{\text{ср}}}{\sqrt{3} \cdot Z}, \text{ кА}, \quad (2.2.36)$$

$$I_{\text{к1}}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 48,3} = 4,78 \text{ кА}.$$

Ударный ток короткого замыкания в точке К1 определяем по формуле :

$$i_y = K_y \cdot I_{\text{к1}}^{(3)}, \text{ кА}, \quad (2.2.37)$$

где K_y – ударный коэффициент определяемый по формуле :

$$K_y = 1 + e^{-\frac{0.01}{T_A}}, \quad (2.2.38)$$

где T_A – апериодическая составляющая тока КЗ определяем :

$$T_A = \frac{X_{\text{сумк1}}}{314 \cdot R_{\text{сумк1}}}. \quad (2.2.39)$$

Расчитываем ударный ток КЗ по формулам (2.2.37)-(2.2.39):

$$T_A = \frac{44,896}{314 \cdot 17,76} = 0,008 \text{ с};$$

$$K_y = 1 + e^{-\frac{0.01}{0,008}} = 1,28;$$

$$i_y = 1,28 \cdot 4,78 = 6,12 \text{ кА}.$$

Выполнили проверку выбранных автоматических выключателей по условию:

$$I_{\text{кз}} > I_{\text{ном.э}}, \quad (2.2.40)$$

Производим расчет токов трехфазного короткого замыкания в точках К2 и К3 аналогично. Результаты всех расчетов и проверок сведены в таблицу 2.2.6.

Таблица 2.2.6 – Результаты расчетов токов КЗ и проверки автоматических выключателей.

Точка КЗ	Марка автоматического выключателя	$I_{\text{н.э}}, \text{ А}$	$I_{\text{ном.э}}, \text{ кА}$	$I_{\text{к}}^{(3)}, \text{ кА}$	$i_y, \text{ кА}$	$I_{\text{кз}} > I_{\text{ном.э}}$
К1	NM1-400H/3300	400	3,6	4,78	6,12	$4,78 > 3,6$
К2	ВА 61-31	100	1	2,2	3,1	$2,2 > 1$
К3	ВА 51-25	25	0.25	0,72	1,02	$0,72 > 0,25$

3 Общие меры безопасности

Источником опасности помимо механических агрегатов в промышленном цехе является и электричество. Главная опасность электрического тока – это сложность определения места повреждения без специальных приборов и аппаратов. В силу этого факта, необходимо повсеместно внедрять специальные меры безопасности и обеспечить надлежащие условия труда персонала. Для обеспечения безопасной эксплуатации оборудования потребляющего и проводящего электричество, требуется максимально ликвидировать возможность соприкосновения человека эксплуатирующего электрооборудование с открытыми токоведущими частями. В виду этого, необходимо ограничить доступ к местам соединений электрических цепей и незащищенным проводникам использованием запираемых дверей, системы наблюдения и строгих правил.

Вводные и распределительные щиты электроснабжения надлежит устанавливать в соответствии со строгими регламентами. Корпус электрических щитов в соответствии с современными стандартами должны покрываться специальной краской или покрытием с диэлектрическими характеристиками.

В силу известных факторов, требуется проводить плановые осмотры электрических цепей и выявление мест повреждения с последующей их ликвидацией. Так же должны приниматься меры по плановым инструктажам электротехнического персонала в целях повышения квалификации.

В мировой практике широко применяются блокировки коммутационных аппаратов. Существуют механические и электрические блокировки, исключая человеческий фактор ошибки.

Немаловажным атрибутом электротехнического персонала являются предупредительные плакаты, запрещающие и недопускающие случайных травмоопасных случаев в момент электроремонтных работ.

3.1 Расчет заземлительного устройства и выбор заземлителей

Устройство заземления представляет из себя последовательно соединенных проводников проложенных в земле. В результате проведенных технических изысканий были определены следующие условия среды: грунт супесок $\rho = 150 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

Для определения удельного сопротивления плоских заземлителей прокладываемых в траншею и вертикальных заземлителей используем следующую формулу :

$$\rho_{p.v} = K_{CB} \cdot \rho, \quad (3.1)$$

где K_{CB} – коэффициент сезонности, $K_{CB} = 1,5$ и $K_{CG} = 3,5$

$$\rho_{p.в} = 1,5 * 150 = 225 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\rho_{p.г} = 3,5 * 150 = 525 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

В качестве заземлителей устанавливаемых в вертикальном положении принимаем металлические штыри. Сопротивление штыря определяем по формуле :

$$R_{\epsilon} = 0,302 * \rho_{p.в}, \text{ Ом}, \quad (3.2)$$

$$R_{\epsilon} = 0,302 * 225 = 67,95 \text{ Ом}.$$

Количество заземлителей устанавливаемых в вертикальном положении определяем по формуле:

$$n_{\epsilon} = \frac{R_{\epsilon}}{\mu_{в} \cdot R_U}, \text{ шт}, \quad (3.3)$$

где μ_{ϵ} – коэффициент использования вертикальных заземлителей (0,5);
 R_U – расстояние между электродами.

$$n_{\epsilon} = \frac{67,95}{0,5 \cdot 4} = 33,9 \approx 34 \text{ шт}$$

Длина заземлителя:

$$l = 1,05 \cdot n_{\epsilon} \cdot \alpha, \text{ м}, \quad (3.4)$$

$$l = 1,05 \cdot 34 \cdot 2,5 = 89,25 \text{ м}.$$

Расчитываем сопротивление растекания по круглому заземлителю :

$$R_{г} = \frac{\rho_{p.г} \cdot 0,366}{l} \cdot \lg \left(\frac{l^2}{dt} \right), \text{ Ом}, \quad (3.5)$$

где d – ширина заземлителя (0,01 м);
 t – глубина укладки заземлителя (0,8 м);

$$R_{г} = \frac{525 \cdot 0,366}{89,5} \cdot \lg \left(\frac{89,5^2}{0,01 \cdot 0,8} \right).$$

Производим перерасчет $R_{г}$ с использованием коэффициента использования:

$$R_{\Gamma}' = \frac{R_{\Gamma}}{\mu_{\Gamma}}, \text{ Ом}, \quad (3.6)$$

где μ_{Γ} – коэффициент использования заземлителя (0,36);

$$R_{\Gamma}' = \frac{18,76}{0,36} = 52,11 \text{ Ом}.$$

Производим сопротивления тока растекания устройства заземления :

$$R_{\text{В}}' = \frac{R_{\Gamma}' \cdot 4}{R_{\Gamma}' - 4}, \text{ Ом}, \quad (3.7)$$

$$R_{\text{В}}' = \frac{52,11 \cdot 4}{52,11 - 4} = 4,33 \text{ Ом}.$$

Производим расчет количества вертикально расположенных заземлителей:

$$n_{\text{В}}' = \frac{R_{\text{В}}}{R_{\text{В}}' \cdot \mu_{\text{В}}}, \text{ шт}, \quad (3.8)$$

$$n_{\text{В}}' = \frac{67,95}{4,33 \cdot 0,5} = 31,38 \approx 32 \text{ шт}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В эру улучшения качества жизни людей, неизбежно возникает необходимость увеличения масштабов производства с параллельной модернизацией процесса производства. Очевидным методом модернизации производства является обновление внутренних сетей электроснабжения и аппаратов защиты. Это объясняется прежде всего внедрением новшеств в сфере электроэнергетики, появлением новых номенклатурных рядов электрооборудования, вступлением новых поправок в правила и законодательство страны. Перечисленные факты по моему субъективному мнению являются и подтверждением в пользу актуальности данной темы.

Дипломная работа была выполнена по теме «электроснабжение механического цеха и расчет осветительной нагрузки». Процесс выполнения работы был разбит на 3 основных этапа :

- выполнение технических изысканий;
- выполнение расчетно-графической части;
- разработка мер электробезопасности

Этап выполнения технических изысканий является начальным и возможно самым главным. На данном этапе были произведены работы по изучению среды механического цеха, номинальные значения предполагаемых электроприемников, техпаспорт возведенного здания. Далее составили техническое задание к проекту на основе результатов изысканий. В соответствии с техническим заданием приступили к выполнению расчетно-графической части работы. Расчетно-графическая часть разбита на основные составные :

- светотехнический расчет;
- расчет силовых цепей электроснабжения;
- составление схем питания электроприемников;

Дипломная работа выполнена в соответствии с канонами проектирования и инженерного планирования. В процессе выполнения работы были постигнуты важные уроки практического проектирования электрических сетей и систем.

В итоге проделанной работы, важно отметить необходимость и достаточность выполнения дипломной работы для освоения и закрепления полученных навыков в процессе обучения в высшем учебном заведении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок РК. - Алматы: Бастау, Казэнергонадка, 2008. - 588с.
2. Справочник по проектированию электрических сетей и оборудования. /Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
3. Методика расчета электрических нагрузок промышленных предприятий с применением ЭВМ. Методическое пособие. – Алматы.:АЭИ, 1988.
4. Маньков В.Д. Основы проектирования систем электроснабжения. Справочное пособие. – Санкт-Петербург: НОУ ДПО «УМИТЦ «Электро Сервис», 2010. – 664 с.
5. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ.
6. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
7. Кабышев А.В. Компенсация реактивной мощности в электроустановках промышленных предприятий. – Т: ТПУ, 2012.
8. Константинов Б.А., Зайцев Г.З. Компенсация реактивной мощности. –Л: «ЭНЕРГИЯ», 1976