

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЦЕХА**

Выпускная квалификационная работа бакалавра
направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)

Идентификационный код ВКР: 638

Екатеринбург

2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»

Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра электрооборудования и энергоснабжения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующая кафедрой ЭС

_____ А.О. Прокубовская

« _____ » _____ 2016 г.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЦЕХА**

Выпускная квалификационная работа бакалавра
направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профиля подготовки «Энергетика»
профилизация «Энергохозяйство предприятий, организаций, учреждений и
энергосберегающие технологии»

Идентификационный код ВКР: 638

Исполнитель:

студент(ка) группы ЗЭС-403С _____ Д.В. Возломитель

Руководитель:

ст. преподаватель кафедры ЭС _____ Ю.А. Юксеев

Нормоконтролёр:

ст. преподаватель кафедры ЭС _____ Т.В. Лискова

Екатеринбург 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА	8
2. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОБЪЕКТА	10
2.1 Анализ нагрузок инструментального цеха	10
2.2 Расчет внутрицехового освещения	14
2.2.1 Реконструкция освещения инструментального производства.....	14
2.2.2 Светотехнический расчет.....	14
2.2.3 Расчёт аварийного освещения	18
2.2.4 Электротехнический расчет.....	19
2.3 Выбор силовых трансформаторов.....	20
2.4 Компенсация реактивной мощности.....	22
2.5 Выбор схемы и конструктивное выполнение внутрицехового электроснабжения до 1кВ.....	25
2.6 Выбор сечений проводов, кабелей, шин по допустимому длительному току и потере напряжения	26
2.6.1 Выбор сечения кабелей для питающей сети.....	26
2.6.2 Выбор сечений проводов и кабелей для распределительной сети ...	28
2.7 Расчёт токов короткого замыкания.....	28
3. Заземление и молниезащита здания	33
3.1 Расчёт заземления трансформаторной подстанции	33
3.2. Заземление инструментального цеха	36
3.3. Молниезащита.....	37
4. Безопасность жизнедеятельности на производстве.....	38
4.1 Электробезопасность	38
4.2 Санитарно-гигиенические требования	39

5. Расчет капиталовложений в электрохозяйство цеха	41
6. Разработка инструкции по монтажу концевых кабельных муфт	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	51
ПРИЛОЖЕНИЕ А	54
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	55
ПРИЛОЖЕНИЕ В	56
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	57

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 61 странице, содержит 5 рисунков, 10 таблиц, 24 источник литературы.

Ключевые слова: ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН ЦЕХА, АНАЛИЗ НАГРУЗОК, РЕКОНСТРУКЦИЯ ОСВЕЩЕНИЯ, КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ, ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ПРОВОДНИКОВ, РАСЧЕТ ТОКОВ К.З., ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ, ЗАЗЕМЛЕНИЕ, МОЛНИЕЗАЩИТА, МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является проектирование электроснабжения инструментального цеха машиностроительного предприятия, с учетом модернизации оборудования и реконструкции освещения.

Предметом исследования является электрооборудование инструментального цеха, выбор коммутационной аппаратуры и средств селективной защиты.

Целью выпускной квалификационной работы является спроектировать систему электроснабжения инструментального цеха отвечающую всем правилам и стандартам.

Задачи: произвести расчет нагрузок силовой части электрооборудования; расчет освещения, и последующая модернизация; выбор трансформатора подстанции цеха; выбор схемы электроснабжения цеха; разработка безопасной эксплуатации оборудования; реконструкция цехового освещения.

Произведен расчет токов короткого замыкания и расчет коммутационного оборудования по номинальным данным.

Рассмотрены вопросы безопасности, экологичности, освещения и вентиляции рабочих помещений производственного цеха.

ВВЕДЕНИЕ

Современный уровень производства требует применения самых разнообразных видов инструментов, приспособлений, штампов, моделей, пресс-форм. В процессе изготовления продукции используются и расходуются тысячи инструментов. Это, в свою очередь, оказывает существенное влияние на экономику производства. Именно от качества и прогрессивности инструмента, от рациональной организации обеспечения им рабочих мест и размера затрат на инструмент существенно зависят технико-экономические показатели производственной деятельности предприятия.

Главной задачей инструментального хозяйства на предприятии (в объединении) является своевременное и бесперебойное обеспечение производства всеми видами технической оснастки, организация ее хранения, эксплуатации и ремонта. Также неотъемлемой частью на предприятии является проектирование схемы электроснабжения и освещения. Таким образом, тема данной выпускной квалификационной работы является *актуальной*, так как именно грамотное проектирование схемы электроснабжения и освещения дает наилучшие результаты при функционировании оборудования на предприятии.

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является система электроснабжения инструментального цеха.

Предметом исследования является схема электроснабжения, заземления и освещения с подбором оптимального сечения кабельных линий с учетом номинальных данных и средств защиты от коротких замыканий.

Для соблюдения всех норм и стандартов производства высокоточного инструмента предприятие пошло на совершенствование электрооборудования и полную замену осветительной техники. Для этого рассмотрен вопрос создания надежной системы электроснабжения предприятия, направленный на развитие электрических сетей и

электрооборудования, автоматизированных систем управления, обеспечение быстродействия и селективности релейной защиты и оперативной автоматики, автоматизацию измерений и учета электроэнергии, внедрение новейшего электрооборудования.

Целью выпускной квалификационной работы является проектирование системы электроснабжения, отвечающей всем требованиям безопасности и правилам при эксплуатации электроустановок с учетом дальнейшей модернизации производства и полной реконструкции освещения цеха.

Для достижения данной цели перед нами были поставлены следующие *задачи*:

- собрать данные по нагрузкам инструментального цеха;
- рассчитать параметры внутрицехового освещения;
- произвести расчет токов короткого замыкания для электрооборудования;
- выполнить выбор схемы и конструктивное выполнение; внутрицехового электроснабжения 1кВ;
- произвести расчет и составить схема заземления инструментального цеха.

Решение поставленных задач проводилось с привлечением следующих *методов*:

- метод обобщения анализируемой литературы;
- метод сравнения и систематизации информации;
- описательный метод;
- метод теоретического анализа и синтеза;

Новизна нашей выпускной работы состоит в оптимизации расходов предприятия на освещение и внедрение для предприятия новейших энергосберегающих технологий.

Список использованной литературы включает 24 наименования.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА

Для выпускной квалификационной работы был предложен инструментальный цех машиностроительного предприятия.

Мощности объекта проектирования включает в себя: участок шлифовальных, токарных, сверлильных, заточных станков. На которых производится изготовление специализированной оснастки и нормального режущего, измерительного, вспомогательного инструмента.

В инструментальном цехе для повышения эффективности производительности, планируется замена устаревшего и изношенного оборудования новым более производительным. В связи с этим необходимо спроектировать новую систему электроснабжения с применением нового оборудования и отвечающую современным техническим требованиям.

Необходимо произвести расчет и выбор оборудования освещения на рабочих местах обслуживающего персонала с учетом более жестких требований и норм, а также дальнейшая замена на более экономичные источники светового излучения.

Производственная программа цеха

Как правило, машиностроительные заводы должны получать весь необходимый нормальный и отчасти специальный инструмент со специализированных инструментальных заводов, где его изготовление ведется методами массового и крупносерийного производства.

Инструментальные цехи, входящие в состав машиностроительных или других металлообрабатывающих заводов различного профиля, являются вспомогательными; они не должны изготавливать нормальный инструмент или изготавливают его в ограниченном количестве.

Каждый такой инструментальный цех обслуживает свой завод и изготавливает, ремонтирует и восстанавливает для него специальный (необходимый для данного производства) режущий, измерительный и

вспомогательный (крепежно-зажимной) инструмент; а также ремонтирует и восстанавливает нормальный инструмент; изготавливает и ремонтирует приспособления для станочных, сборочных и контрольных работ, штампы, деревообрабатывающие инструменты, металлические модели, кокили, подмодельные плиты и прессформы (формы для отливки металлических изделий под давлением и отливки из пластмасс); ремонтирует пневматические инструменты и приборы.

Для рационального использования изношенного инструмента следует включать в производственную программу цеха восстановление такого инструмента, причем для выполнения этих работ должна быть составлена определенная программа. В числе работ по восстановлению изношенного или поломанного инструмента входят:

- перешлифовка изношенного режущего (сверла, зенкеры, развертки и др.), штампового и измерительного инструмента на другие размеры;
- хромирование изношенных поверхностей измерительного инструмента и изношенных поверхностей направляющих частей других видов инструмента (разверток, протяжек и др.)
- электронаплавка и газовая наплавка режущего инструмента (фрез, протяжек, резцов и др.);
- сварка поломанного инструмента;
- использование непригодного инструмента в качестве заготовок для изготовления инструмента меньшего размера путем кузнечной и механической обработки после предварительного отжига.

2. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОБЪЕКТА

Снабжение инструментального цеха электроэнергией осуществляется ОАО «МРСК Урала» межрегиональная распределительная компания Урала. До цеховой КТП напряжение идет по кабелю АВБбШв 4х240 L=530м, проложенному под землей с подстанций, расположенной на территории предприятия. Передача электроэнергии, в цехе по плану, должна выполняться от шинпровода соединенным с силовым пунктом распределения энергии, далее вся система коммутируется в один единый узел через предохранители. По степени надежности электроприемники относятся к III категории .

Задачей системы электроснабжения инструментального цеха является оптимальный выбор проводников электрической энергии электрического питания, которым является главная понизительная подстанция, к комплектной трансформаторной подстанции цеха с компенсаторами реактивной мощности, для дальнейшего распределения энергии по электрооборудованию цеха и хозяйственным помещениям. Схема сетей должна удовлетворять требования надежности, экономичности, безопасности, удобства в эксплуатации, дальнейшего развития, обеспечивать необходимое качество энергии у потребителей и экономическую чистоту, т.е. малое влияние на окружающую среду. При проектировании систем электроснабжения необходимо использовать надежные простые схемы построения электрических сетей.

2.1 Анализ нагрузок инструментального цеха

На данное время производство инструментальной продукции для предприятия является основой для снижения себестоимости продукции, так как, при производстве собственного инструмента качество продукции, характери-

стика и цена, отвечает всем требованиям и стандартам данного предприятия, значительно сокращается время доставки до цеха в котором необходим тот или иной инструмент и средства затраченные на поиск необходимых поставщиков. Проектируемое предприятие является средним по мощности, и имеет единый инструментальный цех с соответствующими участками, специализирующимися на определенных видах работ. Так же в цехе находятся электроприёмники II и III категории надежности. Исходные данные цеха представлены в таблице 1

Таблица 1-Исходные данные цеха

№, Оборудования	Наименование отделения участка цеха и произведенного оборудования	Кол-во	Руст, кВт	Ки, о.е	cos, о.е
1	2	3	4	5	6
1, 2	Токарно- карусельный станок	2	20	0,17	0,65
3,4,5, 6,7,8, 9,10,11, 12,13	Токарно-винторезный станок	11	29,1	0,14	0,5
14,15, 16,17	Токарно-винторезный станок	4	4,75	0,14	0,5
18,19,20, 21,22,23, 24,25,26, 27	Токарно-винторезный станок	10	70,1	0,14	0,5
28,29, 30,31, 32,33	Вертикально-фрезерный станок	6	6,7	0,14	0,5
28,29, 30,31, 32,33	Вертикально-фрезерный станок	6	22,7	0,14	0,5
34,35,36 37,38,39, 40,41	Вертикально-фрезерный станок	8	40,9	0,14	0,5
42,43,44, 45,46,47, 48	Вертикально-фрезерный станок	7	67,7	0,14	0,5
49,50,51 52,53	Широко-универсальный фрезерный	5	30,5	0,14	0,5
54	Гравировально-копир. фрезерный станок	1	1,3	0,14	0,5
55	Горизонтально-фрезерный станок	1	9,8	0,14	0,5
56,57, 58,59, 60,61	Поперечно-строгальный станок	6	14,5	0,14	0,5

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
62,63,64, 65	Поперечно-строгальный станок	4	38,1	0,14	0,5
66	Долбежный станок	1	7	0,14	0,5
67	Вентилятор	1	1,5	0,6	0,8
69,70, 71	Плоскошлифовальный станок	3	4,7	0,2	0,65
72,73, 74,75,76, 77,78,79, 80,81,82	Плоскошлифовальный станок	11	71,6	0,2	0,65
84,83,85, 86,87,88, 89	Круглошлифовальный станок	7	13,2	0,2	0,65
90	Токарно-револьверный станок	1	3,1	0,14	0,5
91,92,93	Радиально-сверлильный станок	3	12,6	0,14	0,5
94,95	Горизонтально-расточный станок	2	28,1	0,17	0,65
96,97	Экцентриков. пресс	2	23	0,2	0,65
98,99	Пресс кривошипный	2	21,5	0,2	0,65
100,101, 102,103, 104,105, 106	Вертикально-сверлильный станок	7	12,9	0,14	0,5
106	Вертикально-сверлильный станок	1	4,1	0,14	0,5
107	Настольно-сверлильный станок	1	2,4	0,14	0,5
108,109	Точило наждачное	2	2	0,14	0,5
110	Ножницы кривошипные	1	7,5	0,14	0,5
111	Электро-эрозионный станок	1	17,1	0,17	0,65
112,113, 114,115	Эл.импульсный прошивочный	4	3,1	0,14	0,5
116,117	Электро-искровой станок	2	23	0,17	0,65

Характеристики условий среды III категорий надежности: Группа подготовки и нормалей, Механическая группа холодных штампов, Механическая группа горячих штампов, Отделение электроэрозионных станков, Группа энергетика, Механическая группа прессформ, Слесарная группа механика, Бытовые помещения, склады.

План цеха с расположением оборудования представлен на рисунке 1

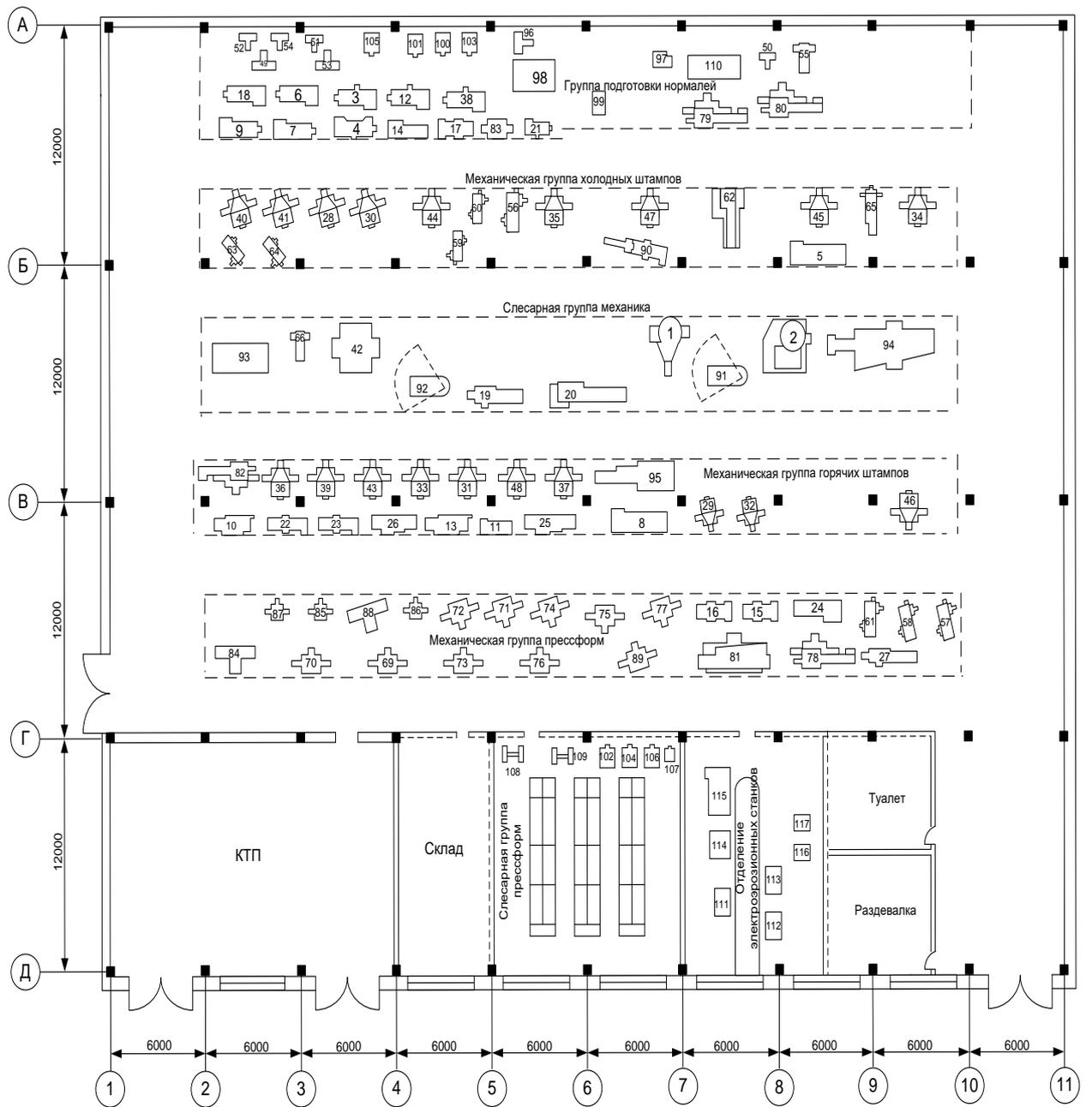


Рисунок 1 – Генеральный план цеха

2.2 Расчет внутрицехового освещения

2.2.1 Реконструкция освещения инструментального производства

На предприятиях в целях улучшения производственных показателей, а также для снижения утомляемости работников на рабочем месте, постоянно совершенствуются технологии освещения, производится замена ламп ДРЛ на более экономичные и долговечные светодиодные светильники.

Практика показывает, что переход на энергосберегающие светодиодные светильники снижает энергопотребление производства на 75-80%. Это означает, что ежегодно компании, модернизировавшие систему освещения, экономят огромное количество электроэнергии и денежных средств, в то время как другие предприятия продолжают тратить астрономические суммы на электроэнергию, замену и утилизацию ламп, обслуживание и т.д. [22, с.63].

2.2.2 Светотехнический расчет

Для всех отделений цеха светотехнический расчёт выполняется методом коэффициента использования светового потока. Этот метод применим для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей при отсутствии крупных затеняющих предметов [22, с.168].

Расчет произведен для основного производственного помещения, включающего в себя группу подготовки нормалей, слесарную и механические группы.

В помещении с нормальными условиями среды, с разрядом зрительных работ IV, с размерами 59x37x8 необходимо достичь освещенности $E_H=200$ лк [10, с.13].

Используется светодиодный светильник «Колокол» СДП61Н-11001Д-П-65 со следующими параметрами:

Степень защиты IP67; тип кривой силы света (КСС) Д;

КПД светильника $\eta_c = 90\%$.

где H – высота помещения, м;

h_c – высота свеса светильника, м;

h_p – высота рабочей поверхности, м.

$$H_{\text{расч}} = 8 - 0,8 - 0,8 = 6,4$$

Расстояние между светильниками, м:

$$L_a = \lambda \cdot h_{\text{расч}}, \quad (1)$$

где λ_c – относительное расстояние между светильниками, принимается равным 1.5, о.е. [10, с.17]

$$L_b = 1,1 \cdot 6,4 = 7,04$$

Число светильников в ряду (расстояние от крайнего светильника до стены примем равным $l_A = 0,3 \cdot L_A$, шт.:

$$N_A = \frac{A - 2 \cdot l_a}{L_A} + 1 \quad (2)$$

где A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м.

$$N_A = \frac{59 - 2 \cdot 0,3 \cdot 7,04}{7,04} + 1 = 8,9,$$

Принимается $N_A = 8$.

Количество рядов светильников, шт.:

$$N_B = \frac{B - 2 \cdot l_B}{L_B} + 1, \quad (3)$$

где l_B – расстояние от крайнего ряда светильников до стены, м;

L_B – расстояние между соседними светильниками по ширине, м.

Предположим, что светильники расположены по вершинам квадрата:

$$L_B = L_A,$$

$$L_B = L_A = 2,1 \text{ м.}$$

$$N_B = \frac{37 - 2 \cdot 0,3 \cdot 7,04}{7,04} + 1 = 5,5,$$

Принимается $N_B = 6$.

Количество светильников в помещении, шт.:

$$N = N_A \cdot N_B, \quad (4)$$

$$N=8 \cdot 6=48.$$

Коэффициент использования светового потока, о.е.,

$$\eta = \eta_c \cdot \eta_{\text{п}}, \quad (5)$$

где $\eta_{\text{п}}$ – коэффициент использования помещения, от КСС светильника.

Для $i=3,5$, $\rho_{\text{п}}=0,7$, $\rho_c=0,5$, $\rho_p=0,3$ и КСС типа Д $\eta_{\text{п}}=102\%$. [10, с.20].

$$\eta = 1.02 \cdot 0.8 = 0.816,$$

Расчетная активная нагрузка освещения, кВт:

$$P_p = k_c \cdot P_{\text{уст}}, \quad (6)$$

где k_c - коэффициент спроса осветительной нагрузки,

$$P_{\text{уст}} = 1.1 \cdot 8 \cdot 6 \cdot 70 \cdot 10^{-3} = 4,56$$

$$P_p = 0,95 \cdot 4,56 = 4,032$$

Расчетная реактивная нагрузка освещения, квар:

$$Q_p = P_p \cdot \text{tg}\varphi, \quad (7)$$

где $\text{tg}\varphi$ – коэффициент реактивной мощности освещения, равный 0,48 для ЛЛ, 1,44 для Светодиодных светильников о.е. [10, с.43].

$$Q_p = 0,95 \cdot 4,032 = 3,8304$$

$$Q_p = 0,95$$

Для остальных помещений расчёт производится аналогично.

Результаты расчёта сведены в таблицу 2

Таблица 2 – Расчет осветительных нагрузок цеха

участок	Тип	i	Φ , лм	Φ , %	F, м	$K_{пра}$	$K_{со}$	P_p , кВт	Q_p , квар	L_a , лм	$P_{ном}$, Вт	λ_c , м
	Степень защиты											
Склад	СДП61 Н- 11001Д -П-65 IP67	1	20625	- 7,8	7 2	1,2	0,6	0,29	0,14	1	2x40	1,6
КТП	СДП61 Н- 11001Д -П-65 IP67	-	4960		2 1 6	1,2	0,6	0,69	0,33	-	2x80	-
Основное помеще- ние	РСП17 IP20	3, 5	19853	- 4,3	2 1 6 0	1,1	0,9 5	20,0 6	28,8 9	7,04	400	1,1
Слесар- ная гр. пресс- форм	СДП61 Н- 11001Д -П-65 IP67	1, 9	20847 ,5	8	1 4 4	1,2	1	2,34	1,12	0,5	2x65	1,3
Разде- валка	ЛСП02 IP20	1	6663, 5	19, 7	4 2	1,2	0,8	0,5	0,24	1,5	2x65	1,2
Проход	РСП17 IP20	0, 7	20250	- 6,2	9 6	1,1	0,9 5	0,84	1,21	6,48	400	0,9
Итого								26,9 5	33,0			

2.2.3 Расчёт аварийного освещения

На современном производстве проектируются два вида освещения, это освещение безопасности и эвакуационное освещение. Проект освещения исключает по плану штамповочный цех, так как помещение закрытое.

Расчет освещения ведётся точечным методом для данного типа светильника, этот метод даёт возможность определить освещённость от источника света на заданном участке.

Технические характеристики ЛСП02 приведены в таблице 3 [10, с.13].

Таблица 3 – Технические характеристики светильников

Марка светильника	Кол-во и мощность ламп	Тип ламп	Степень защиты	Световой поток, лм	Габаритные размеры	Тип КСС
ЛСП02	2x40	ЛД40	IP 20	2x2225	1524x205x140	Д-2

Для расчета возьмём точки А,Б,В. Характеристики освещенности наиболее слабые в точке А, для нее определяется освещенность от трех ближайших источников света 1, 2, 3.

Рассчитывается условная освещенность по формуле для точки 3, лк.,

$$e_3 = 0,477 \cdot \frac{291,3}{100} = 1,39$$

Расчет для остальных точек аналогичен.

Определяется освещенность в точке А, лк,

$$\Sigma_e = 1.05 + 0.93 + 1.39 = 3.36,$$

$$E_A = \frac{2 \cdot 2225 \cdot 1,1 \cdot 3,36}{1000 \cdot 1,5} = 11 > 0,5.$$

Полученная освещенность в точке А больше требуемой 0,5 лк.

Расчет для остальных точек аналогичен [10, с.23].

Результаты расчета эвакуационного освещения представлены в таблице

4.

Таблица 4 – Расчет эвакуационного освещения

Точка распределения эвакуационного освещения	$h_{расч}$, м	d, м	α , град	e_{100} , лк	I_{α} , кд	e , лк	E, лк
1	2	3	4	5	6	7	8
Точка А							
1	4	15	15	0,401	321,2	1,29	
2	4	16,5	13,5	0,338	323,3	1,09	
3	4	12	18	0,593	315,56	1,87	
						$\Sigma e = 4,25$	13,9
Точка Б							
3	4	9	24	0,943	302,36	2,85	
4	4	3	53	2,4	191,42	4,59	
5	4	21	11	0,215	326,8	0,7	
						$\Sigma e = 8,14$	26,5
Точка В							
6	4	15	15	0,401	321,2	1,29	
7	4	15	15	0,401	321,2	1,29	
8	4	13,5	16,5	0,486	318,38	1,55	
						$\Sigma e = 4,13$	13,5

Для эвакуационного освещения цеха применяются светильники ЛСП06 с ЛЛ (мощность лампы $P_{л}=80\text{Вт}$), светильники «Выход», технические характеристики которых приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Технические характеристики светильников «Выход»

Марка светильника	Напряжение, В	Количество и мощность ламп, Вт	Тип ламп	Степень защиты	Размеры мм
«Выход»	220	1x6	ЛЛМ	IP20	312x150x40

К расчетной активной нагрузке аварийного освещения добавляется мощность указателя «Выход» [6, с.22].

2.2.4 Электротехнический расчет

В осветительных установках общего освещения применяется преимущественно напряжение 220/380В с частотой 50Гц, при заземленной нейтрали. Расчет сечения проводников осветительной сети выполняется по допустимой потере напряжения [10, с.33]. Сечение проводника, мм^2 :

$$F = \frac{\Sigma M + \alpha \cdot \Sigma m}{c \cdot \delta U_{\text{доп}}}, \quad (8)$$

где ΣM - сумма моментов рассчитываемого и всех последующих по направлению потока энергии участков с тем же числом проводов в линии, что и рассчитываемый участок, кВт·м, [10, с.40].

Момент нагрузки i -того участка сети, кВт·м:

$$M_i = P_i \cdot L_i, \quad (9)$$

Общий вид осветительной сети представлена в приложении А.

$$\Sigma M = M_{1-2} + M_{2-3} + M_{3-6} + M_{2-4} + M_{4-5} = 1606,38$$

Сечение проводника, мм²:

$$F_{1-2} = \frac{1606,38 + 1,85 \cdot 622,55}{44 \cdot 8,9} = 7,$$

Выбирается кабель ВВГ 5×10.

Расчетный ток в линии, А:

$$I_{p1-2} = \frac{26,95}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,99} = 41,4$$

$$38,64 > 41,4.$$

Условие не выполняется. Принимаем кабель марки АВВГ 5×25.

2.3 Выбор силовых трансформаторов

В инструментальном цехе при наличии потребителей электрической энергии потребителей II и III категории надежности, целесообразнее отдать предпочтение комплектной двух-трансформаторной подстанции (далее КТП).

Состав нагрузок КТП представлен в таблице 6.

Таблица 6 - Нагрузка трансформаторной подстанции

Тип нагрузки	P_p , кВт	Q_p , кВт	P_p , кВт	Q , кВт
Силовая	114	166,86	125,4	166,86
Осветительная	10,95	33,0	26,95	33,0
Аварийное освещение	1,21	0,55	1,21	0,55
Сторонняя силовая	598,48	782,83	658,33	782,83
Итого по КТП	724,61	983,24	811,86	983,24

Выбор комплектных трансформаторных подстанций обусловлен тем, что в её состав входит три основных узла: шкаф ввода высокого напряжения (далее ВН), силовой трансформатор, распределительное устройство(РУ) низкого напряжения(НН). Присоединение трансформатора к линии осуществляется через шкаф ввода ВН. [6, с.77].

По условию, выбор числа и мощности трансформаторов происходит по средней продолжительности смены, она составляет восемь часов.

Мощность одного трансформатора, при условии полной компенсации реактивной мощности определяется условием:

$$S_T \geq \frac{P_p^8}{N \cdot K_3}, \quad (10)$$

где N – целое число трансформаторов;

K_3 – коэффициент загрузки трансформатора,

$K_3 = 0,8$ – при наличии нагрузки II категории, о.е.;

P_p – восьмичасовая мощность цеха, кВт.

При работе в аварийном режиме допускается перегрузка трансформаторов в 1,3 раза, с суммарной продолжительностью 6 ч в пять суток на время максимума нагрузки.

К установке принимаются КТП состоящие из двух трансформаторов, основной причиной такого решения послужило то, что в цехе преобладают потребители III категории надежности, и перерыв электроснабжения допустим на время, необходимое для включения резервного питания, пуск в работу которого может произвести лишь персонал ответственный за электрохозяйство цехового помещения. [6, с.80].

Мощность трансформаторов на КТП, кВА,

$$S_T \geq \frac{740,61}{2 \cdot 0,8} = 462,8.$$

Таким образом по результатам расчетов выбрана КТП два трансформатора, типа ТМЗ-630/6 со схемой соединения обмоток треугольник-звезда с глухим присоединением нейтрали.

Предварительная проверка по допустимой перегрузке трансформаторов осуществляется по соотношению:

$$1,3 \cdot S_H \geq P_p^{30}; \quad (11)$$

$$P_p^{30} \approx (1,1 \div 1,2) \cdot P_p^8;$$

$$1,3 \cdot 630 = 819 \geq 811,86$$

Условие по допустимой перегрузке выбранных трансформаторов выполняется.

Действительный коэффициент загрузки трансформаторов при условии полной компенсации реактивной мощности, о.е.: [7, с.120]

$$K_{з.д.} = \frac{P_p}{N \cdot S_{H.T.}} = \frac{811,86}{2 \cdot 630} = 0,64. \quad (12)$$

После выбора мощности трансформатора необходимо произвести компенсацию реактивной мощности.

2.4 Компенсация реактивной мощности

Реактивная мощность в сетях 220/380В является неотъемлемой частью нагрузки, так как не все проводники в силах полностью усвоить без потерь всю поступившую энергию. При наличии реактивной мощности в проводниках возникают потери из-за увеличения тока; снижается пропускная способность проводников, а также происходит либо увеличение напряжения либо уменьшение от номинальных значений.

Для предотвращения аварийных ситуаций на подстанции, для трансформаторов производится выбор конденсаторных установок [18, с.10].

Выбор компенсирующих устройств представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Распределение нагрузок по секциям

Тип нагрузки	P_p^8 кВт	Q_p^8 квар	P_p^{30} кВт	Q_p^{30} квар
I секция				
Силовая	114	166,86	125,4	166,86
Освещение	10,95	33,0	26,95	33,0
Сторонняя нагрузка	238,5	332,5	262,35	332,5
Итого по I секции	363,45	532,36	414,7	532,36

Окончание таблицы 7

2 секция				
Освещение Аварийное	1,21	0,55	1,21	0,55
Сторонняя нагрузка	359,98	450,33	395,98	450,33

Окончание таблицы 7

Итого по 2 секции	361,16	450,88	397,16	450,88
Итого по КТП	740,61	953,24	811,86	983,24

На стороне НН мощность конденсаторных установок выбирается по двум условиям [6,с.230]:

а) по пропускной способности трансформаторов КТП, квар,

$$Q_{ктр} = Q_p - Q_1, \quad (13)$$

где Q_1 – реактивная мощность, которую можно передать через трансформатор для обеспечения требуемого коэффициента загрузки;

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot K_3 \cdot S_n)^2 - (P_p^{30})^2} \quad (14)$$

б) из условия обеспечения нормативного коэффициента реактивной мощности

$$Q_{э1} = \text{tg} \cdot P_p, \quad (15)$$

где $Q_{э1}$ – переданная предприятию реактивная мощность, от энергосистемы в часы максимальных нагрузок, квар [6, с.235].

По первому условию для первой секции шин, квар,

$$Q_{к.тр1} = 532,36 - 286,4 = 245,96$$

$$Q_3 = 0,35 \cdot 414,7 = 145,14$$

$$Q_{к.тр2} = 532,36 - 145,14 = 387,22$$

При расчете мы получили, что на первой секции шин устанавливается регулируемая конденсаторная установка КРМ-0,4-400 мощностью 400 квар. По первому условию для второй секции шин, квар,

Таким образом, на второй секции шин устанавливается регулируемая конденсаторная установка КРМ-0,4-400 мощностью 400 квар.

Полная расчётная мощность с учетом компенсации, кВ·А,

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{ky})^2}. \quad (16)$$

Для первой секции, кВ·А,

$$S_{p1} = \sqrt{414,7^2 + (532,36 - 400)^2} = 415,96.$$

Для второй секции, кВ·А,

$$S_{p2} = \sqrt{397,18^2 + (450,88 - 400)^2} = 400,4,$$

Коэффициент загрузки трансформатора после компенсации реактивной мощности, о.е., [6, с.234],

$$K_3 = \frac{S_p}{S_{ном.тр.}} \quad (17)$$

Для первой секции шин коэффициент загрузки после компенсации, о.е.,

$$K_{31} = \frac{415,96}{630} = 0,66.$$

Для второй секции шин коэффициент загрузки после компенсации, о.е.,

$$K_{31} = \frac{400,4}{630} = 0,64.$$

Суммарная полная расчётная мощность по КТП после компенсации реактивной мощности, кВА,

$$S'_{p\Sigma} = \sqrt{(P_{p1} + P_{p2})^2 + (Q_{p1} + Q_{p2} - \sum Q_{ky})^2}. \quad (18)$$

Проверка трансформатора по перегрузочной способности производится после расчетов компенсации реактивной мощности [18, с.69].

$$1,3 \cdot S_{yn} \geq S_{сп} \quad (19)$$

$$1,3 \cdot 630 \geq 816,1,$$

Условие по допустимой перегрузке трансформаторов выполняется.

По результатам расчетов принимаем для установки КРМ-0,4-400 мощность 400кВАр. Регулирование реактивной мощности (РМ), осуществляется по регулированию генерации РМ.

2.5 Выбор схемы и конструктивное выполнение внутрицехового электроснабжения до 1кВ

В инструментальном цехе в сетях до 1000В применяются смешанные схемы, состоящие в свою очередь из магистральных и радиальных схем, так как такое исполнение более распространено, из-за своей простоты. Трассы питающей сети, расположение СП по территории цеха показано в приложении В.

Конструктивно магистральные и радиальные сети выполняются:

- 1) питающие сети – кабелем, проложенным по стенам;
- 2) распределительные сети – проводами и кабелями, проложенными в гофрированной трубе в бетонном полу цеха.

Распределительные и силовые пункты (шкафы РП и СП) устанавливаются в местах, удобных для обслуживания: на полу, у стен, колонн, на стенах, в нишах [20, с.25].

2.6 Выбор сечений проводов, кабелей, шин по допустимому длительному току и потере напряжения

2.6.1 Выбор сечения кабелей для питающей сети

Сечение кабелей цеховых сетей напряжением до 1кВ выбирается сравнением расчётного тока линии с допустимым длительным током принятых марок проводов, кабелей с учётом условий их прокладки и температуры окружающей среды [20, с.33].

Должно выполняться условие

$$I_p \leq K_n \cdot I_{\text{доп}}, \quad (20)$$

где I_p – расчётный ток линии, А;

$I_{\text{доп}}$ – допустимый длительный ток на кабели данного сечения, А;

K_n – поправочный коэффициент на условия прокладки, о.е.;

$$K_n = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (21)$$

где K_1 - поправочный коэффициент на число работающих кабелей;

K_2 - поправочный коэффициент на удельное сопротивление земли ;

K_3 - поправочный коэффициент на температуру окружающей среды;

K_4 - поправочный коэффициент на способ прокладки [20, с.35].

Выбранные сечения проводов и кабелей проверяют по потере напряжения.

Потеря напряжения в сети определяется по формуле, %,

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot L}{U_n} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) \cdot 100\% \quad (22)$$

где I_p – расчётный ток линии на данном участке, А;

L – расстояние от точки питания до точки приложения равнодействующей нагрузки, км;

r_0, x_0 – активное и индуктивное сопротивление 1 км линии, Ом/км;

$\cos \varphi$ - коэффициент мощности данного участка, о.е.;

U_n – линейное напряжение, равное 380 В.

Пример расчёта приводится для линии КТП – СП1.

Расчётный ток, А,

$$I_p = \frac{\sqrt{(P_{p.cтп})^2 + (Q_{p.cтп})^2}}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (23)$$

$$I_p = \frac{\sqrt{32,75^2 + 43,37^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 82,57.$$

Для прокладки принимается кабель с алюминиевыми жилами сечением 35 мм².

Для данного сечения:

$$I_{доп} = 90,$$

$$I_{доп} = 90 \cdot 0,92 = 82,8 > 82,57.$$

Условие выполняется.

Далее определяются cosφ и sinφ нагрузки данного кабеля, о.е.,

$$\cos \varphi = \frac{P_p}{S_p} \quad (24)$$

$$\cos \varphi = \frac{32,57}{\sqrt{32,57^2 + 43,37^2}} = 0,6$$

Принимается кабель АВВГ 3х35+2х25, имеющий следующие параметры: r₀ = 0,894 Ом/км, x₀ = 0,088 Ом/км. Длина кабеля L = 0,117 км.

Потеря напряжения на данном участке 2.7%, что удовлетворяет условиям выбора кабеля.

2.6.2 Выбор сечений проводов и кабелей для распределительной сети

Расчётный ток электроприёмника, А,

$$I_p = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta}, \quad (25)$$

где $P_{ном}$ – номинальная активная мощность электроприёмника из таблицы 1, кВт;

$\cos \varphi_n$ - коэффициент номинальный коэффициент мощности станка, о.е.

Значения $I_{доп}^{табл}$ для четырёх одножильных проводов, проложенных в одной гофрированной трубе. Потеря напряжения в распределительной сети определяется по формуле.

Пример выбора сечения проводов для линии СП1-79-80, питающей электроприемники №79 и №80, соединенные последовательно.

$$I_p = \frac{15,8+15,8}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65 \cdot 0,92} = 80,3 < 85 . [6, с.217]$$

Принимается провод АПВ сечением 35 мм².

2.7 Расчёт токов короткого замыкания

Расчёт токов короткого замыкания выполняется в именованных единицах, при этом учитываются как активные, так и индуктивные сопротивления. При расчётах необходимо учитывать параметры автоматических выключателей на КТП. Для упрощения кабельные линии идущие от СП к приемникам обозначены как одна линия. В приложении В, показана расчетная схема токов КЗ, составленная на основе расчётной схемы [21, с.16].

Таблица 9 - Расчёт токов к. з. рассчитывается по точкам в кабельных линиях

Точка КЗ	№, кабельной линии	Точка КЗ	№, кабельной линии
К 1	НН КТП	К 15	ЭП 106
К 2	СП 1	К 16	СП 9
К 3	ЭП 55	К 17	ЭП 19
К 4	СП 3	К 18;К 27	СП 8
К 5	СП 3	К 19	ЭП 35
К 6	СП 2	К 20	СП 11
К 7	ЭП 100	К 21	ЭП 94
К 8	СП 7	К 22	СП 10
К 9	ЭП 77	К 23	ЭП 90
К 10	СП 4	К 24	СП 13
К 11	ЭП 113	К 25	ЭП 25
К 12	СП 6	К 26	СП 14
К 13	ЭП 85	К 28; К 29	СП 12
К 14	СП 5	К 30	МЩО

Индуктивное сопротивление системы, приведенное к ступени НН, мОм:

$$X_C = \frac{U_{ст.НН}^2 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot I_{кз}^{(3)} \cdot U_{ст.ВН}} \quad (26)$$

где $U_{ст.НН}=0.4\text{кВ}$, $U_{ст.ВН}=6.3\text{кВ}$ напряжение ступеней трансформатора

$I_{кз.}$ -ток трёхфазного КЗ на шинах РУ, $I_{кз}^{(3)}=6\text{кА}$ (значение принято по данным предоставленным предприятием):

$$\dot{X}_C = \frac{400^2 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 6,3} = 2,44$$

Трансформатор с соединением обмоток Δ/Y , имеет активное и индуктивное сопротивления нулевой последовательности равны активному и индуктивному сопротивлению прямой последовательности, следовательно, мОм:[6, с. 130-132].

$$r_{г0}=3.4,$$

$$x_{r0}=13.5.$$

Активные и индуктивные сопротивления нулевой последовательности кабелей.

Ниже проводится расчет токов к.з. для точки К1.

Суммарные активное и индуктивное сопротивления цепи прямой последовательности цепи КЗ, мОм:[6, с.134-139].

$$r_{1\Sigma} = 3,4 + 0,14 + 0,12 = 3,66,$$

$$r_{1\Sigma} = 3,06 + 0,14 + 0,12 + 7 = 10,66,$$

$$x_{1\Sigma} = 2,44 + 13,5 + 0,08 = 16,02.$$

Начальное значение периодической составляющей максимального тока трехфазного к.з. кА:

$$I_{ПО.МАХ}^{(3)} = \frac{U_{СТ.НН}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r_{1\Sigma}^2 + x_{1\Sigma}^2}} \quad (27)$$

$$I_{ПО.МАХ}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{3,66^2 + 16,02^2}} = 14,05$$

Начальное значение периодической составляющей минимального тока трехфазного к.з., кА:

$$I_{ПО.Мин}^{(3)} = \frac{U_{СТ.НН}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r_{1\Sigma}^2 + x_{1\Sigma}^2}} \quad (28)$$

$$I_{ПО.Мин}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{10,66^2 + 16,02^2}} = 12,0$$

Ударный ток в максимальном режиме, кА,

$$i_{уд\max} = \sqrt{2} \cdot I_{п0\max}^{(3)} \cdot K_{уд\max}, \quad (29)$$

где $K_{уд\max}=1.45$

определяем по кривым.

$$i_{уд\max} = \sqrt{2} \cdot 14,05 \cdot 1,45 = 28,81.$$

Ударный ток в минимальном режиме, кА,[6, с.139]

$$i_{уд\min} = \sqrt{2} \cdot I_{п0\min}^{(3)} \cdot K_{уд\min}, \quad (30)$$

где $K_{уд\min}=1.2$ определяем по кривым

$$i_{y0\min} = \sqrt{2} \cdot 12,00 \cdot 1,2 = 18,66.$$

Апериодическая составляющая тока КЗ в максимальном и минимальном режимах, кА,

$$i_{a0\max} = \sqrt{2} \cdot I_{п0\max}^{(3)},$$

$$i_{a0\min} = \sqrt{2} \cdot I_{п0\min}^{(3)},$$

$$i_{a0\max} = \sqrt{2} \cdot 14,05 = 19,86,$$

$$i_{a0\min} = \sqrt{2} \cdot 12,00 = 16,97.$$

Расчёт токов двухфазного к.з.: [6, с.137-140]

$$I_{ПО.МАХ}^{(2)} = \frac{U_{СТ.НН}}{2 \cdot \sqrt{r_{1\Sigma}^2 + x_{1\Sigma}^2}} \quad (31)$$

$$I_{ПО.МІН}^{(2)} = \frac{U_{СТ.НН}}{2 \cdot \sqrt{r_{1\Sigma}^2 + x_{1\Sigma}^2}} \quad (32)$$

$$I_{ПО.МАХ}^{(2)} = \frac{400}{2\sqrt{3,66^2 + 16,02^2}} = 12,17$$

$$I_{ПО.МІН}^{(2)} = \frac{400}{2 \cdot \sqrt{(3,66 + 3,5)^2 + (16,02)^2}} = 11,39$$

Расчёт токов однофазного к.з.: [6, с.142].

$$I_{ПО.МАХ}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{СТ.НН}}{\sqrt{(2r_{1\Sigma} + r_{0\Sigma})^2 + (2x_{1\Sigma} + x_{0\Sigma})^2}} \quad (33)$$

где $r_{0\Sigma} = 3,66$

$$r_{0\Sigma} = 10,66$$

$$X_{0\Sigma} = 4,84$$

$$I_{ПО.МАХ}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 400}{\sqrt{(2 \cdot 3,66 + 3,66)^2 + (2 \cdot 16,02 + 13,58)^2}} = 14,76$$

$$I_{ПО.МІН}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 400}{\sqrt{(2 \cdot 10,66 + 10,66)^2 + (2 \cdot 16,02 + 13,58)^2}} = 12,44$$

Расчет для остальных точек КЗ аналогичен расчетам по первой точке приложение Г [21, с.19-27].

2.8 Выбор автоматических выключателей и распределительного шкафа

Для защиты электрических сетей от токов коротких замыканий из-за роста потребляемой мощности применяются автоматические выключатели серии ВА.

Выключатели серий ВА08, имеют комбинированные расцепители (электромагнитные и тепловые или только электромагнитные), ВА55 выпускают с полупроводниковыми максимальными расцепителями [6, с.164-172].

Для распределительной сети внутри помещения цеха используются распределительные шкафы ШРС-1, рассчитанные на $I_{\text{ном}}=400\text{А}$, $U_{\text{ном}}=380\text{В}$, $T=50\text{Гц}$. Панели шкафа представляют собой сборно-разборную конструкцию, изготовленную из гнутых металлических профилей, с установленной на ней вводным рубильником ВР-32 и предохранителей типа ППН-31 до 100А* ППН-33 до 160А, ППН-35 до 250А, ППН-37 до 400А. Электрические цепи внутри шкафа выполняются при помощи комплекта силовых шин.

Ввод и вывод проводов и кабелей предусмотрен снизу и сверху шкафа. Наибольшее число и сечение жил проводов или кабелей, присоединяемых к одному вводному зажиму:

Для шкафов на номинальный ток 250 А - 2x95 мм²;

Для шкафов на номинальный ток 400А - 2x150 мм²

Степень защиты - IP27 [7, с.123-125]

3. Заземление и молниезащита здания

3.1 Расчёт заземления трансформаторной подстанции

Заземлением называется конструкция погруженная на определённую глубину в землю и соединенная с контуром заземления либо с металлоконструкциями помещения, а далее с потребителями электрической энергии.

Заземление делится на два вида защитное и рабочее.

Защитным заземлением называется соединение токопроводящих корпусов электрических машин и оборудования видимым, очищенным от изоляции проводом, соединенным с общим контуром заземления помещения.

Рабочим заземлением называется соединение предназначенное для обеспечения работы электрооборудования, путем выравнивания потенциалов (выполняется не в целях электробезопасности) . [18, с.42-47].

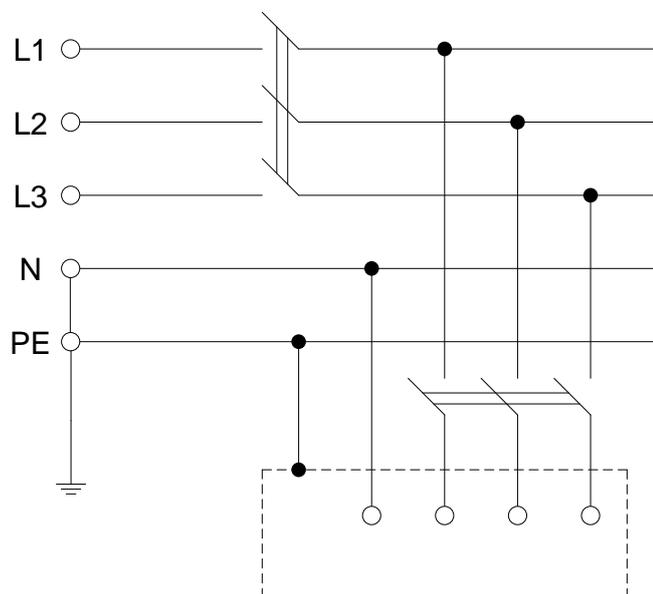


Рисунок 2 – Принципиальная схема заземления в сетях трехфазного тока

Защитное заземление применяется в:

В сетях до 1кВ переменного тока – трехфазные трехпроводные с изолированной нейтралью, однофазные двухпроводные, изолированные от земли, а также постоянного тока двухпроводные с изолированной средней точкой обмоток источника тока;

В сети выше 1кВ переменного и постоянного тока с любым режимом работы нейтрали.

В сети с глухозаземлённой нейтралью напряжением до 1кВ заземление неэффективно, так как даже при глухом замыкании на землю ток зависит от сопротивления заземления и при его уменьшении ток возрастает [18, с.47].

Расчётный ток замыкания на землю, А,

$$I_z = \frac{U_{ном} \cdot l_{кл}}{10}, \quad (34)$$

где $U_{ном}$ – номинальное напряжение высокой стороны, кВ;

$l_{кл}$ – общая длина подключённых к сети кабельных линий, км, $l_{кл} = 0,7$ км;

$$I_z = \frac{6 \cdot 0,7}{10} = 0,42$$

Требуемая норма сопротивления заземляющего устройства определяется из двух условия не более 10 Ом – для электроустановок выше 1 кВ при условии, что заземлитель используется одновременно для электроустановок до 1 кВ;

$r_3 = 4,3 \text{ Ом}$ - для заземления электрооборудования до 1 кВ.

За норму принимается наименьшее значение.

По первому условию:

$$r_3 = \frac{125}{0,7} = 297,6.$$

Принимается норма сопротивления заземляющего устройства $r_3 \leq 4 \text{ Ом}$.

Удельное сопротивление земли для горизонтального и вертикального электродов, Ом·м [6, с.230]

$$\rho_z = \rho_{ИЗМ} \cdot K_{СГ} \quad (35)$$

$$\rho_6 = \rho_{ИЗМ} \cdot K_{СВ} \quad (36)$$

где $K_{СГ}$, $K_{СВ}$, – коэффициенты сезонных колебаний сопротивления грунта, о.е.;

$$K_{СГ}=4.5; K_{СВ}=1.8$$

$$p_B=100 \cdot 1.8=180$$

$$p_B=100 \cdot 4.5=450$$

Расположение вертикального электрода относительно поверхности земли представлено на рисунке 4.2.

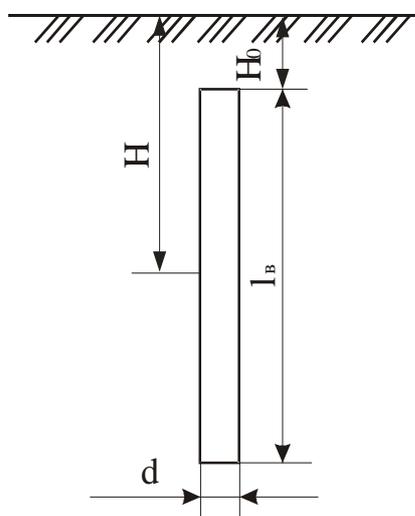


Рисунок 3 – Расположение вертикального электрода

Средняя глубина заложения вертикального электрода (расстояние от поверхности земли до середины вертикального электрода) [18, с.45]:

$$H=H_0+0,5 \cdot l_B \quad (37)$$

где H_0 – глубина заложения электродов, принимается равной 0,7 м;

l_B – длина вертикального электрода, м.

$$H=0,7+0,5 \cdot 3,0= 2,2.$$

В результате расчета принимаем, что глубина заложения вертикального электрода (от поверхности до середины), равна 2.2 м.

3.2. Заземление инструментального цеха

Сопротивление одиночного вертикального электрода по растеканию тока., Ом,

$$R_{\epsilon,од} = \frac{\rho_{\epsilon}}{2 \cdot \pi \cdot l_{\epsilon}} \left(\ln \frac{2 \cdot l_{\epsilon}}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot H + l_{\epsilon}}{4 \cdot H - l_{\epsilon}} \right), \quad (38)$$

где $d=0,95$

b — ширина сторон уголка.

$$R_{\epsilon,од} = \frac{180}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,04 \cdot 0,95} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,2 + 3}{4 \cdot 2,2 - 3} \right) = 51,75 \cdot$$

Теоретическое число вертикальных электродов, шт:

$$N_{\epsilon}^T = \frac{R_{\epsilon,од}}{r_3} \quad (39)$$

$$N_{\epsilon}^T = \frac{51,75}{4} = 12,94$$

Принимается $N_{\epsilon}^T = 13$.

Определяется коэффициент использования вертикальных заземлителей $K_{у.в.зм} = 0,66$ (отношение расстояния между вертикальными электродами к их длине равно 2). [16, с.243-250]

Тогда необходимое количество вертикальных электродов, шт:

$$N_{\epsilon} = \frac{R_{\epsilon,од}}{K_{у.в.зм} \cdot r_3}, \quad (40)$$

$$N_{\epsilon} = \frac{51,75}{0,66 \cdot 4} = 19,6 \cdot$$

Принимается $N_{\epsilon} = 20$.

Длина горизонтального электрода, м,

$$l_1 = (n-1) \cdot 2l_2$$

$$l_2 = (20-1) \cdot 2 \cdot 3 = 114$$

Расчётное сопротивление растеканию тока одиночного горизонтального электрода, Ом,

$$R_{z,од} = \frac{\rho_z}{2 \cdot \pi \cdot l_z} \left(\ln \frac{2 \cdot l_z^2}{b \cdot H_0} \right), \quad (42)$$

где b -ширина горизонтального электрода, $b=0.04$ м,

$$R_{z,од} = \frac{450}{2 \cdot 3,14 \cdot 114} \cdot \ln \frac{2 \cdot 114^2}{0,04 \cdot 0,7} = 8,64.$$

Коэффициент использования заземлителя: $K_{и.з.зм}^* = 0,56$.

Сопротивление горизонтального электрода R_z с учетом коэффициента использования полосы, Ом:[18, с.55-62],

$$R_z = \frac{R_{z,од}}{K_{и.з.зм}}, \quad (43)$$

$$R_z = \frac{8,64}{0,56} = 15,43.$$

Требуемое сопротивление растеканию вертикальных электродов, Принимается $\eta_g=15$ по межотраслевым правилам эксплуатации электроустановок

Сопротивление растеканию группового заземлителя, Ом,

$$R = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B \cdot \eta_\Gamma + R_\Gamma \cdot \eta_B \cdot n}, \quad (44)$$

где η_Γ , η_B , – коэффициенты использования для горизонтального и вертикальных электродов, о.е.; $\eta_\Gamma=0,69$; $\eta_B=0,68$,

$$R = \frac{51,75 \cdot 11,2}{51,75 \cdot 0,69 + 11,2 \cdot 0,68 \cdot 15} = 3,86.$$

Полученное значение удовлетворяет необходимым условиям, согласно ПУЭ Глава 1.7 п.5, от 2016 года.

3.3. Молниезащита

Система молниезащиты является обязательной частью любого здания. Без системы молниезащиты здание и соответственно, люди и имущество находящиеся в нем, беззащитны перед ударом стихии.

Внешняя молниезащита представляет собой систему, обеспечивающую перехват молнии и отвод её в землю, тем самым, защищая здание от повреждения и пожара. Вероятность повреждения молнией зависит от здания, систем энергоснабжения и характеристик тока молнии, а также от типа и эффективности применяемых мер молниезащиты. Эффективность защитных мер обуславливается характеристиками каждой меры молниезащиты и может уменьшить вероятность повреждения или размер последующего ущерба [16, с.275-288].

4. Безопасность жизнедеятельности на производстве

4.1 Электробезопасность

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества. Мероприятия по технике безопасности разрабатываются отделом охраны труда предприятия.

Основными причинами воздействия тока на человека является:

- 1) случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям оборудования
- 2) результате повреждения изоляции или ошибочных действий персонала,
- 3) шаговое напряжение на поверхности земли в результате замыкания или обрыва провода.

Помещение цеха является помещением с повышенной опасностью, так как в нём токопроводящий бетонный пол и есть возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землёй металлоконструкциям здания, технологическому оборудованию с одной стороны и к металлическим корпусам электрооборудования с другой.[16, с.230-242].

Для обеспечения безопасной эксплуатации, электрооборудование должно быть установлено в соответствии с требованиями СНиП III-33-76 «Правила производства работ. Электротехнические устройства» и «Правила устройства электроустановок», ГОСТ 12.2.009-80.

Все РП, СП, ЩО, ГЩО и так далее, должны иметь чёткие надписи, указывающие электроприёмник, к которому они относятся.

Сопrotивление заземляющего устройства, к которому присоединяется нейтраль, в любое время года должно быть не более 8 Ом [18, с.67-50].

4.2 Санитарно-гигиенические требования

Вентиляция

Вентиляцией называется обработка воздуха, замена загрязненного на очищенный воздух, поступающий с улицы в помещение, грязный воздух очищается фильтрами. Температура воздуха, поступающего на рабочие места через открытые ворота, двери или технологические проемы в холодный период года не должна быть ниже 14 °С при легкой физической работе, 12 °С – при работе средней тяжести, 8 °С – при тяжелой работе, 5 °С – при тяжелой работе и отсутствии постоянных рабочих мест. Для достижения требуемых параметров температуры воздуха открывающиеся ворота, двери и технологические проемы оборудуются воздушными или воздушно-тепловыми завесами. [18, с. 143-150].

Освещение

Для общего освещения в проектируемом цехе используются светодиодные светильники.

Люминисцентные лампы используются для освещения:

- в помещениях, в которых выполняются работы малой точности и работы, требующие общего наблюдения за ходом производственного процесса;

- во вспомогательных и бытовых помещениях. Во всех помещениях, где возможно образование опасных по взрыву концентраций паров, газов и пыли, системы освещения выполняются во взрывобезопасном исполнении [16,с.190-195].

5. Расчет капиталовложений в электрохозяйство цеха

Проектирование электрической части должно полностью удовлетворять всем требованиям надежности электрооборудования по ПУЭ, начиная от надежности выбираемых аппаратов защиты до проводников электрической энергии, способных выполнять свою работу с наименьшим количеством потерь. Экономичность эксплуатации, простота в обслуживании и минимуму дисконтированных издержек. Следующее, что нужно обязательно учитывать, это не менее важные затраты на монтаж оборудования, которые в среднем составляют 30%. Далее в таблице 11 будет расписаны все затраты на монтаж и покупку, оборудования при проектировании капиталовложений для данной проектной части квалификационной работы.

Расчет капиталовложений в энергохозяйство представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Капитальные вложения в энергохозяйство цеха

Наименование элементов	Ед. изм.	Кол-во ед. изм.	Цена за ед. изм., руб.	Стоимость, руб.		
				покупки	транспортировки, монтажа и наладки	общая
1	2	3	4	5	6	7
Трансформаторы:						
ТМЗ 630/6	шт.	2	444500	889000	322250	1211750
Конденсаторные батареи:						
КРМ-0,4-400	шт.	1	120470	120470	44188	164658
КРМ-0,4-400	шт.	1	120470	120470	44188	164658
Автоматические выключатели:						
ВА 55-43	шт.	2	87000	174000	48200	222200
ВА 55-41	шт.	1	64000	64000	20200	84200
ВА 47-29	шт.	22	22000	484000	169200	653200
1	2	3	4	5	6	7
ВА	шт.	1	4376	4376	1412,8	5788,8
ВА	шт.	10	2088,88	20888,8	20126,5	43881,78
Питающая сеть:						
АВВГ 5х6	м	120	820,35	50008,2	20003,28	700011,48
АВВГ 3х35+2х25	м	120	730,26	87900,12	35001,648	123000,768
АВВГ 3х50+2х25	м	216	114,4	24710,4	9884,16	34594,56

Окончание таблицы 10

АВВГ 3x70+2x35	м	354	146,3	51790,2	20716,08	72506,28
АВВГ 3x95+2x50	м	54	205,7	11107,8	9443,12	20550,92
АВВГ 3x120+2x70	м	60	288,2	17292	6916,8	24208,8
Распределительная сеть:						
АПВ 5(1x2,5)	м	146,2	2,51	360,762	176,972	537,02
АПВ 5(1x4)	м	31,8	4,13	127,734	630,48	757,8
АПВ 5(1x6)	м	23,4	6,64	121,776	1630,464	1751,6
АПВ 5(1x10)	м	11	8,42	88,62	144,4	232,50
АПВ 5(1x16)	м	192,7	12,78	2606,506	1627,2	4233,52
АПВ 5(1x25)	м	35,6	24,16	862,896	7962,368	8824,89
АПВ 3(1x35)+2(1x25)	м	23,6	30,6	728,16	4592,64	5320,44
АПВ 3(1x50)+2(1x25)	м	13	40,5	966,5	106,6	373,1
АПВ 3(1x95)+2(1x50)	м	4	203,4	813,6	1107	1015,04
Сеть освещения:						
АВВГ 3x50+2x25	м	16	114,4	1830,4	732,16	2562,56
ВВГ 5x10	м	27,8	306,6	8262,48	4006,992	12269,4
ВВГ 5x4	м	73,9	30,4	2246,56	8098,624	10145,1
ВВГ 5x2,5	м	24	85	204	816	28576
ВВГ 3x2,5	м	652,86	34,61	22595,48	9038,194	31633,68
Светодиодный светильник подвесной "Ко- локол" СОВ 70w 220v 90-120 deg	шт	48	8900	427200	120000	547000
Итого:						4207417

Фирмы-поставщики электрооборудования: кабелей и проводов – «Рем-стройкомплект» г. Новосибирск, прайс-лист от 11.12.2016г., трансформаторов –ООО «Трансформатор66» г. Екатеринбург, прайс-лист от 02.01.2016г., выключателей – ООО «Электрогамма» г.Екатеринбург, прайс-лист от 15.08.2016г..

Экономически целесообразный вариант определяется по минимуму дисконтированных издержек [19, с43].

$$I_{\text{потт}} = \Delta W \cdot C_0, \quad (45)$$

ΔW - величина потерь активной электрической энергии, кВт ч/год

$$\Delta W = \Delta P \cdot \tau, \quad (46)$$

ΔP - потери активной мощности в элементе схемы, кВт ч. Для КЛ можно определить по выражению:

$$\Delta P = 3 \cdot I_p^2 \cdot r_{уд} \cdot l \cdot n. \quad (47)$$

где I_p^2 - расчетный ток линии;

$r_{уд}$ - удельное активное сопротивление, Ом/км;

l - длина линии, км;

n - количество линий;

τ - число часов максимальных потерь, час, определяется по выражению

$$\tau = (0.124 + T_{нб} \cdot 10^{-4}) \cdot 2 \cdot 8760,$$

C_0 - стоимость потерь электрической энергии, руб/кВтч.

Пример расчета для линии КТП-СП1.

Потери активной мощности в элементе схемы, Вт :

$$\Delta P = 3 \cdot 82.57^2 \cdot 0.65 \cdot 117 \cdot 1 = 1495.656$$

Потери активной электрической энергии, кВт ч/год

$$\Delta W = 1495.656 \cdot 2198.8 \cdot 10^{-3} = 3288.648$$

Число часов максимальных потерь при $T=3770$, час:

$$\tau = (0.124 + 3770 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 2198.8$$

Издержки на возмещение потерь электрической энергии, руб.

$$I_{пот1} = \Delta W \cdot C_0$$

[19, с.47].

В выпускной квалификационной работе к расчету приняты ставки первой ценовой категории подтвержденные ОАО «МРСК Урала», для расчета по третьей-шестой категориям необходимо знать данные почасового учета. Таким образом, стоимость электроэнергии на 01.01.2016г. по 31.12.2016 для первой ценовой категории составляет $C_0=2.78$ руб/кВт·ч с учётом НДС 18%. [19].

$$I_{пот1} = 3288.648 \cdot 2.78 = 7629.64$$

Капитальные вложения в схему, тыс. руб.:

$$K_1 = 548800 + 127014.9 = 675814.9$$

$$K_2=115400.2+515200=630600.2.$$

Данная схема удовлетворяет всем расчетам, дисконтные издержки не превысили допустимых пределов.

6. Разработка инструкции по монтажу концевых кабельных муфт

В методической части ВКР разработана инструкция по монтажу, пуску, регулированию и обкатке изделия (ИМ) концевых кабельных муфт 1(10) КВТп Н. Структура инструкции составлена по ГОСТ-2.610-2013.

Общие указания

При доставке концевых кабельных муфт следует проверить по комплекточной ведомости наличие деталей в комплекте и соответствие муфты сечению, типу и рабочему напряжению монтируемого кабеля. Подготовить рабочее место, все необходимые инструменты и приспособления. Проверить исправность газового оборудования: баллона, шланга, редуктора и горелки.

Если муфта хранилась в неотапливаемом помещении при температуре менее 5°C, то до начала монтажа комплект муфты следует выдержать не менее 2-х часов при температуре 18—20°C. Монтаж термоусаживаемых муфт должен проводиться в соответствии с «Технической документацией на муфты для силовых кабелей с бумажной и пластмассовой изоляцией напряжением до 10 кВ». Попадание в муфту влаги, грязи и посторонних частиц в процессе монтажа недопустимо. Перед началом монтажа проверить бумажную изоляцию на влажность. Монтаж муфты на кабеле с увлажненной изоляцией категорически запрещен!

Меры безопасности

Монтаж муфты производится с соблюдением «Межотраслевых правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок», «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правил пожарной безопасности для энергетических предприятий», «Технической документации на муфты для силовых кабелей с бумажной и пластмассовой изоляцией напряжением до 10 кВ», а также правил и инструкций, действующих на предприятии, применяющем данные муфты.

Подготовка изделия к монтажу и стыковке

3.1 Транспортировка происходит в картонных коробках, в защитных пластиковых пакетах.

3.2 Распаковка полученной продукции от поставщика осуществляется без применения острых ржущих и металлических предметов, во избежание неумышленной порчи конструктивных элементов муфт.

3.3 Осмотр получаемых муфт производит человек, ответственный за электрохозяйство цеха (энергетик) и бригадир электромонтажников. Сверяются данные закупочной ведомости и реальное наличие товара по накладной. Данные сверяют на месте передачи, либо в удобном для этого мероприятия кабинете.

3.4 Полученный товар сверяют по прописанному в накладной диаметру сечения провода и концевой муфты, по толщине и длине стенок муфты для надёжного закрепления на токоведущей части.

3.5 Качество, надёжность и работоспособность всей муфты во многом определяется качеством монтажа соединителей или наконечников на жилах кабеля. Уточните, под какую технологию соединения или оконцевания рассчитана данная муфта: опрессовку или закрепление с помощью болтов со срывной головкой. В случае отсутствия ограничений, определитесь с выбором технологии самостоятельно.

Монтаж и демонтаж

3.6 Монтаж

Оконцевание для муфт типа 1КВТпН с использованием болтового наконечника в последовательности:

- а) зачистите конец жилы от окиси (до «металлического блеска»).
- б) вставьте конец жилы в отверстие наконечника до упора.
- в) зафиксируйте наконечник на жиле кабеля, подтянув болты. Концы однопроволочных секторных жил перед закреплением в наконечнике необходимо развернуть относительно болта наконечника.

г) Закрутите болт наконечника торцевым ключом до скручивания головки.

3.7 Демонтаж

При установке вводных кабелей с концевыми муфтами в РП на распределительный рубильник может возникнуть чрезмерное нагревание токоведущих частей, а также некачественное соединение концевой муфты на силовой кабель. В таком случае ответственный по энергохозяйству цеха распоряжается отключить КТП, а затем, после проверки напряжения, электромонтёры производят освобождение концов кабеля и рубильника РП. Далее, дефектную муфту отрезают пневматическим инструментом, и, если требуется, производят замену концевой муфты.

Наладка, стыковка и испытания

4.1 В качестве наладки кабельной концевой муфты происходит полное ослабление механических соединений для беспрепятственного входа концов жил кабеля в наконечник.

4.2 При стыковке «механических» соединителей и наконечников с болтами со срывной головкой необходимо удерживать корпус соединителей наконечников в момент затяжки болтов при помощи специальной зажимной трубки НМБ-4 или газового ключа, предохраняя кабельные жилы от деформации. При наличии нескольких болтов в наконечнике/соединителе, в первую очередь срывается головка болта, расположенного ближе к лопатке наконечника или центру соединителя. Перед срывом болтовых головок следует развернуть наконечники вокруг жилы таким образом, чтобы, при подключении к контактным клеммам, избежать перегибов и скручивания кабельной жилы.

Испытания проводят электромонтеры на предмет плотности прилегания соединенных деталей, герметичности исполнения работы, а также проверяют целостность кабеля методом подключения к Омметру.

Пуск (опробование)

При запуске производственных мощностей подаётся напряжение на все основные токоведущие части, начиная от ЦТП до рубильника РП. При пуске напряжения рубильник РП должен быть отключен для того, чтобы

ограничить дорогостоящее оборудование от непредвиденных ситуаций, связанных с неправильным монтажом силовой части. После того, как напряжение пришло на вводной рубильник РП, проверяется квалифицированным персоналом. Если видимых нарушений при монтаже не выявилось, то РП закрывают, и с помощью механического привода рубильника подаётся напряжение на все потребители инструментального цеха.

Регулирование

Регулирование концевых кабельных муфт происходит, непосредственно, на вводном рубильнике. Из-за небольшого расстояния крепежных болтов на рубильнике может произойти их контакт, что приведет к КЗ, для этого крепления муфт располагают таким образом, чтобы видимый разрыв был как можно больше и удаленней друг от друга.

Комплексная проверка

7.1 При осмотре концевых кабельных муфт необходимо обратить особое внимание на крепление жил кабеля гайками и контргайками, а также на наличие корневых (стопорных) нижних гаек, контактных штырей, клемм, их крепление и отсутствие влаги в муфте. Проверить состояние изоляции жил кабеля, уплотнение крышек муфт, наличие номенклатуры рабочих и маркировки запасных жил (наличие в кабельной муфте монтажной схемы равноценно наличию номенклатуры рабочих жил).

7.2. При необходимости почистить кабельные муфты внутри кистью-флейц и техническим лоскутом. Крепящие гайки подтянуть торцовым ключом. В случае обнаружения слабого крепления корневой (стопорной) или нижней гайки и контргайки, сначала, без чрезмерного усилия, подтянуть корневую, а затем нижнюю гайку и контргайку. Окислившиеся гайки заменить новыми, контактные штыри почистить шлифовальной бумагой, протереть тканью, смоченной бензином.

Обкатка

Для предварительных испытаний муфты были подвергнуты ускоренным испытаниям на старение отдела технического контроля, таким как типовым испытаниям по CENELEC в соответствии с HD628.S1 и HD629.1.S.1 и циклам нагрева в соответствии с HD 628.S1, в воздухе, но с нагревом проводника до +130°C (число циклов: 8). Затем, на испытуемые образцы были поставлены новые соединительные срывные болты. Муфты, смонтированные на кабельных линиях, должны выдержать испытание повышенным напряжением постоянного тока, аналогичное испытанию силового кабеля после его прокладки.

Сдача смонтированного и состыкованного изделия

Приемка смонтированного оборудования осуществляется специальной комиссией предприятия, состав которой утверждается руководством предприятия.

9.1 При сдаче-приемке смонтированного оборудования электромонтеры предоставляют план-схему проведенного монтажа муфт комиссии, осуществляющей приём сделанной работы.

9.2 Завершение работ по монтажу кабельных муфт оформляется актом рабочей комиссии по приемке смонтированного оборудования.

9.3 Правила приемки смонтированного оборудования в эксплуатацию регламентируются Строительными нормами и правилами.

9.4 Гарантийные обязательства выполняются производителем муфт в полном объеме в течение одного года после монтажа квалифицированными кадрами, предоставленными заводом-изготовителем.

9.5 Данные по маркировке кабелей вносятся в общую монтажную схему. Заполняется производственная документация отделом технолога на основании полученных данных от изготовителя соединительных изделий и группы монтажников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе на тему «Проектирование электроснабжения инструментального цеха» были решены все поставленные перед нами задачи.

Была спроектирована система электроснабжения инструментального цеха, также проведен расчет электрических нагрузок. Произведён выбор оборудования, расчёт основных технико-экономических показателей, выбран оптимальный вариант реконструкции потолочного освещения.

Линии питающей сети выполнены кабелями марки АВВГ, проложенные в лотках, распределительные сети проложены проводами АПВ, проложенными в гофрированных трубах в полу. Питание цеха осуществляется на напряжении 6кВ от главной понизительной подстанции кабелями АВВГ 4х120, питание электроприемников цеха осуществляется на напряжение 380В и 220В. Выбранные проводники обеспечивают допустимые уровни напряжения у электроприемников.

В качестве защитных аппаратов, устанавливаемых в ЩРС-1(СП) выбраны наполненные плавкие предохранители, а для ответвительных коробок выбраны автоматические выключатели серии (ВА).

В экономической части проекта произведен расчет капитальных вложений в электрохозяйство цеха, произведен технико-экономический расчет питающей сети.

Рассмотрены вопросы безопасной эксплуатации электрооборудования, а также произведен расчет защитного заземления помещения цеха, молниезащиты, описаны нормы освещения и вентиляции на рабочих местах.

В методической части составлена инструкция по монтажу концевых кабельных муфт описанная в соответствии со стандартами ГОСТ 2013 года.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Баландина Е.В., Кондратьева У.В. Экономика и организация производства: учебное пособие.– Ульяновск: УлГТУ, 2013. – 98 с.
2. Гигиенические требования к предприятиям производства строительных материалов и конструкций: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – Москва: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2006—63 с.
3. Ефанов А.В. Проектирование электрической части подстанции: учебное пособие для выполнения дипломного проекта по дисциплине «Электрические станции и подстанции». – Ставрополь: АГРУС, 2015.-70 с.
4. Зайцев, Н.Л. Экономика промышленного предприятия: Учебник. — 4-е изд., перераб. и доп.-Москва:- «ИНФРА-М», 2004.-384с.
5. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.
http://referatwork.ru/category/okhranatruda/view/255206_molniezaschita
6. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: учебное пособие.- Томск: Изд-во ТПУ, 2006.-248 с.
7. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб. Пособие. Том. политехн. ун-т. – Томск, 2005. – 168 с.
8. Карякин Р.Н. Нормы устройства сетей заземления.- «Энергосервис». утверждены приказом Минэнерго России От 08.07.2012
9. Климова Г.Н. Энергоснабжение на промышленных предприятиях: учебное пособие. Томский политехнический университет.-2-е изд.-Томск: изд-во ТПУ, 2014.-180с.
10. Колесник Г.П. Электрическое освещение : основы проектирования: учеб. пособие; Владим. гос. ун-т. – Владимир. Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006. – 127 с.

11. Кондратьева М.Н., Баландина М.Н. Экономика и организация производства : учебное пособие. – Ульяновск : УлГТУ, 2013. – 98 с.
12. Конюхова Е.А. Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий (теория и примеры): учебное пособие / – Москва. РУСАЙНС, 2016. – 160 с.
13. Липсиц И.В. Экономика: учебник для вузов.— Москва. Омега-Л, 2006. — 656 с.
14. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. (утв. постановлением Минтруда РФ от 5 января 2001 г. № 3 и приказом Минэнерго РФ от 27.12.2000 г. № 163)
15. Меламед А.М. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок в вопросах и ответах: пособие для изучения и подготовки к проверке знаний. текст предоставлен правообладателем http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=11788326 /авт.-сост.: ЭНАС; Москва; 2015.-36 с. ISBN 978-5-4248-0099-3
16. Мищенко О.А., Тищенко В.П. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие. - 2-е изд., перераб. и доп. -Хабаровск: Изд-во ТОГУ,2014.-340с.
17. Постановление Правительства РФ от 01.01.2002 N 1 (ред. от 24.02.2009) "О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы".
18. Правила устройства электроустановок / Госэнергонадзор – 7-е изд., перераб. и доп.-Санкт-Петербург. Издательство ДЕАН, 2007. – 928 с.
19. Предельные уровни нерегулируемых цен на электрическую энергию (мощность), поставляемую ОАО «МРСК Урала» потребителям (покупателям). <https://www.mrsk-ural.ru/disclosure/monopoly/tariff/>
20. Радкевич В.Н., Козловская В.Б., Колосова И.В. Расчёт электрических нагрузок промышленных предприятий: Учебно-методическое пособие. Минск: Изд-во БНТУ, 2013. – 124 с.

21. Радкевич В.Н., Сацкевич В.Б. Электрическое освещение: учебник. В. Б. Козловская. - Минск: Техноперспектива, 2011. – 543с.
22. Справочник электрические устройства: издание 5 Т.2 Электрооборудование/ Опубликовано Италия.-2007.– 254 с.
23. Хавроничев С. В. Рыбкина И.Ю. Расчет токов коротких замыканий и проверка электрооборудования: учеб. Пособие. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2012. – 56 с.
24. Шашлов Ф.Б. Основы светотехники: учебник для вузов-издание 2, доп. и перераб. –Москва. Логос, 2011. -256 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

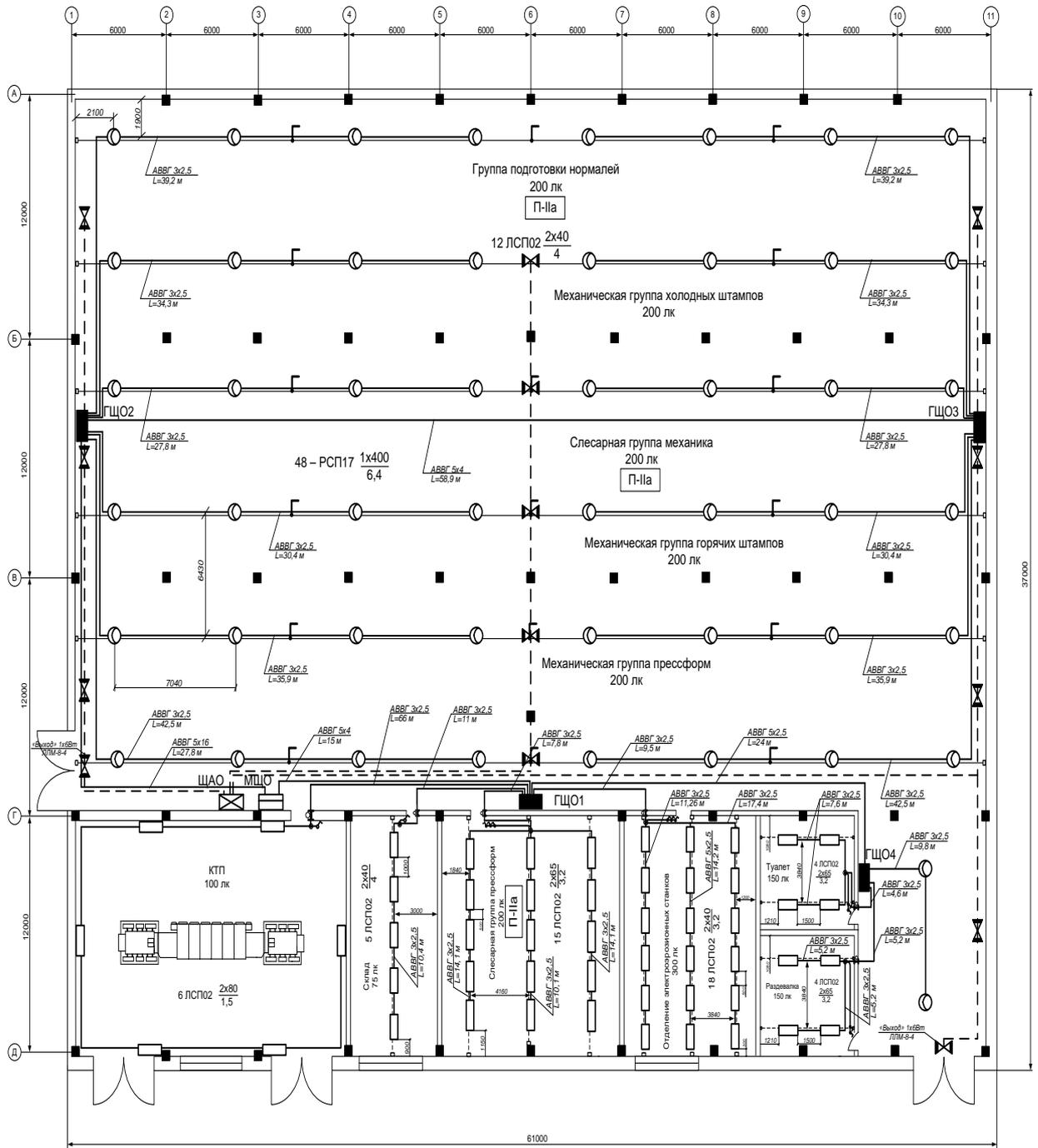


Рисунок 2.4 – Размещение ГЩО и прокладка трасс осветительной сети

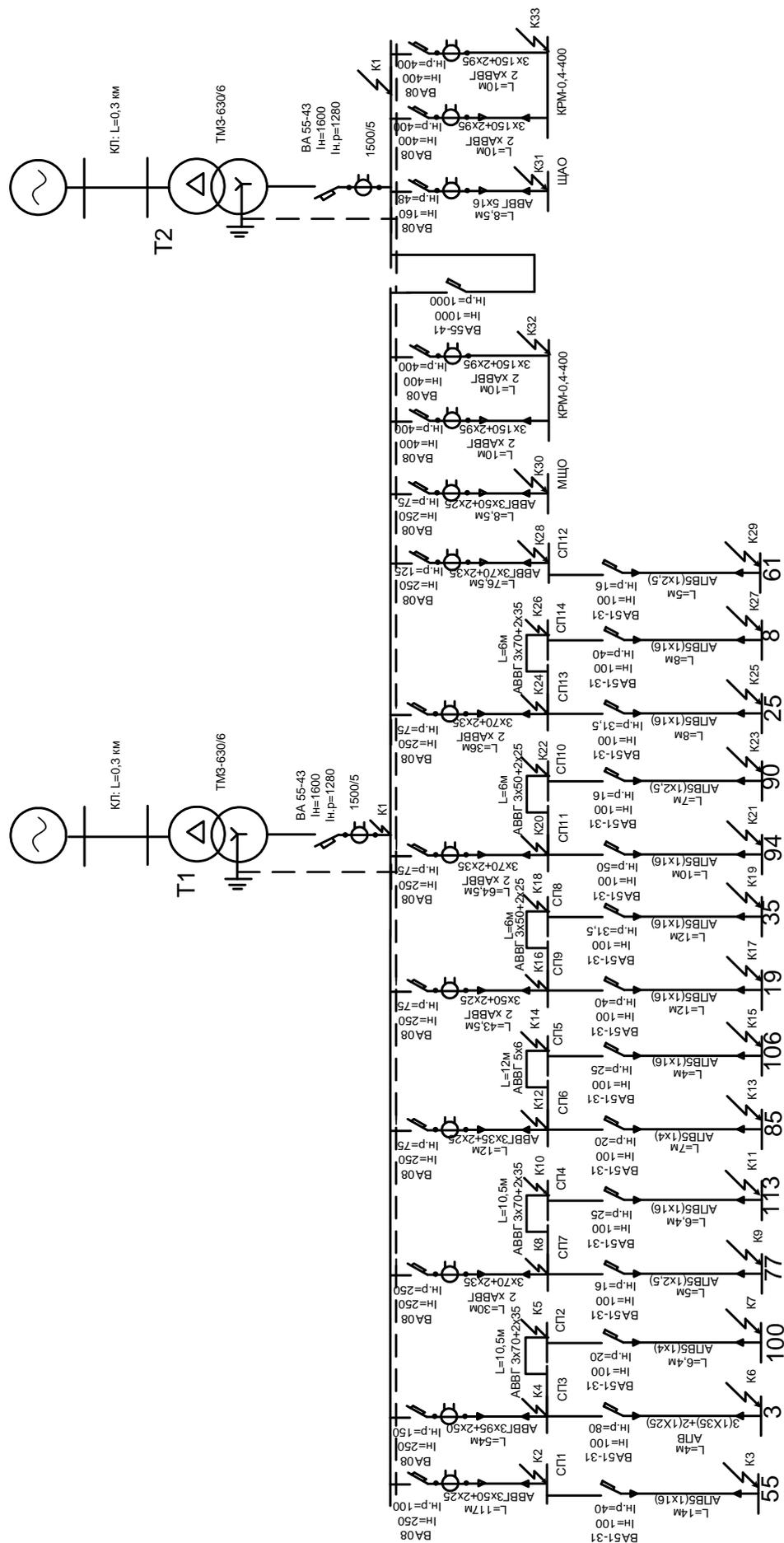


Рисунок 2.8 - Расчётная схема токов короткого замыкания

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица 11-Выбор сечений кабелей для распределительной сети

Наименование линии	$P_{ном}$, кВт	I_p , А	$\cos \varphi$	$\sin \varphi$	$I_{доп}^{табл}$, А	K_{II}	$I_{доп}$, А	Марка кабеля, провода	r_o , Ом/км	x_o , Ом/км	L_{MAX} , м	ΔU , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
СП1-99	10	25,4	0,65	0,76	30	1	30	АПВ 5(1x6)	5,21	0,1	2,8	0,11
СП1-97	4,2	10,7	0,65	0,76	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	4	0,16
СП1-110	7,5	24,8	0,5	0,87	30	1	30	АПВ 5(1x6)	5,21	0,1	7	0,21
СП1-79	31,6	80,3	0,65	0,76	85	1	85	АПВ 3(1x35)+2(1x25)	0,894	0,088	7	0,17
79-80	15,8	40,1	0,65	0,76	55	1	55	АПВ 5(1x16)	1,95	0,095	2,5	0,02
СП1-50	1,7	5,6	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	11	0,18
СП1-55	9,8	32,4	0,5	0,87	39	1	39	АПВ 5(1x10)	3,12	0,099	14	0,34
СП2-96	17	43,2	0,65	0,76	55	1	55	АПВ 5(1x16)	1,95	0,095	1	0,03
СП2-98	14,5	36,9	0,65	0,76	39	1	39	АПВ 5(1x10)	3,12	0,099	2	0,07
СП2-21	3,1	10,2	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	5	0,15
СП2-83	3,5	8,9	0,65	0,76	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	4	0,13
СП2-38	17,85	59	0,5	0,87	70	1	70	АПВ 5(1x25)	0,447	0,082	3	0,02
38-17	4,75	15,7	0,65	0,76	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	1	0,06
СП2-12	15,85	52,4	0,5	0,87	55	1	55	АПВ 5(1x16)	1,95	0,095	5	0,13
12-14	4,75	15,7	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	1	0,05
СП2-103	2,9	9,6	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	0,6	0,02
СП2-100	5,8	19,2	0,5	0,87	23	1	23	АПВ 5(1x4)	7,81	0,107	6,4	0,22
100-101	2,9	9,6	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	1	0,03
СП3-105	1,7	5,6	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	4	0,06

Продолжение таблицы 11

СПЗ-51	3,4	11,2	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	2,5	0,0 1
51-53	1,7	5,6	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	1,5	0,0 08
СПЗ-3	22,2	73,3	0,5	0,87	85	1	85	АПВ 3(1x35)+2(1x2 5)	0,894	0,088	4	0,0 7
3-4	11,1	36,7	0,5	0,87	39	1	39	АПВ 5(1x10)	3,12	0,099	2,5	0,0 3
СПЗ-6	22,2	73,3	0,5	0,87	85	1	85	АПВ 3(1x35)+2(1x2 5)	0,894	0,088	3	0,0 5
6-7	11,1	36,7	0,5	0,87	39	1	39	АПВ 5(1x10)	3,12	0,099	2,5	0,0 3
СПЗ-18	18,2	60,1	0,5	0,87	70	1	70	АПВ 5(1x25)	0,447	0,082	4	0,0 3
18-9	11,1	36,7	0,5	0,87	39	1	39	АПВ 5(1x10)	3,12	0,099	2,5	0,0 3
СПЗ-54	2,8	9,2	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	1	0,0 2
54-49	1,5	5	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	2,5	0,0 14
СПЗ-52	1,7	5,6	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	3	0,0 5
СП4- 117	23	76	0,5	0,87	85	1	85	АПВ 3(1x35)+2(1x2 5)	0,894	0,088	4	0,0 7
СП4- 116	23	76	0,5	0,87	85	1	85	АПВ 3(1x35)+2(1x2 5)	0,894	0,088	6	0,1 1
СП4- 113	6,2	20,5	0,5	0,87	23	1	23	АПВ 5(1x4)	7,81	0,107	6,4	0,2 4
113-112	3,1	10,2	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	1	0,0 3
СП4- 115	17	56,1	0,5	0,87	70	1	70	АПВ 5(1x25)	0,447	0,082	2,6	0,0 2
СП4- 114	20,2	66,7	0,5	0,87	70	1	70	АПВ 5(1x25)	0,447	0,082	6	0,0 5
114-111	17,1	56,5	0,5	0,87	70	1	70	АПВ 5(1x25)	0,447	0,082	2	0,0 2
СП5- 108	2	6,6	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	3	0,0 6
СП5- 109	2	6,6	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	1	0,0 19
СП5- 102	5,8	19,2	0,5	0,87	23	1	23	АПВ 5(1x4)	7,81	0,107	1,4	0,0 5
102-104	2,9	9,6	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	1	0,0 22
СП5- 106	6,5	21,5	0,5	0,87	23	1	23	АПВ 5(1x4)	7,81	0,107	4	0,1 6

Продолжение таблицы 11

106-107	2,4	7,9	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	1	0,0 13
СП6-84	3,5	8,9	0,6 5	0,76	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	10	0,3 3
СП6-70	4,7	11,9	0,6 5	0,76	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	6	0,2 7
СП6-85	7,2	18,3	0,6 5	0,76	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	7	0,4 8
85-87	3,6	9,1	0,6 5	0,76	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	2	0,0 68
СП6-69	7	17,8	0,6 5	0,76	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	3	0,2
69-88	2,3	5,8	0,6 5	0,76	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	1,4	0,0 3
СП6-86	3,6	9,1	0,6 5	0,76	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	6	0,2
СП6-73	4,6	11,7	0,6 5	0,76	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	5	0,2 2
СП6-72	9,3	23,6	0,6 5	0,76	30	1	30	АПВ 5(1x6)	5,21	0,1	6	0,2 2
72-71	4,7	11,9	0,6 5	0,76	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	2,5	0,0 4
СП6-76	7,7	19,6	0,6 5	0,76	23	1	23	АПВ 5(1x4)	7,81	0,107	8	0,3 7
76-74	4,6	11,7	0,6 5	0,76	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	2	0,0 9
СП7-81	40	101, 6	0,6 5	0,76	120	1	120	АПВ 3(1x50)+2(1x2 5)	0,625	0,085	4	0,0 9
СП7-89	1,7	5,6	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	3	0,0 5
СП7-75	1	2,5	0,6 5	0,76	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	7	0,0 7
СП7-77	3,1	7,9	0,6 5	0,76	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	5	0,1 5
СП7-16	9,5	31,4	0,5	0,87	39	1	39	АПВ 5(1x10)	3,12	0,099	5	0,1 2
16-15	4,75	15,7	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	1	0,0 5
СП8-64	11	36,3	0,5	0,87	39	1	39	АПВ 5(1x10)	3,12	0,099	7	0,1 9
64-63	5,5	18,2	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	2	0,1 1
СП8-41	26,2	86,5	0,5	0,87	120	1	120	АПВ 3(1x50)+2(1x2 5)	0,625	0,085	7	0,1 1
41-40	13,1	43,3	0,5	0,87	55	1	55	АПВ 5(1x16)	1,95	0,095	2	0,0 4
СП8-30	13,4	44,3	0,5	0,87	55	1	55	АПВ 5(1x16)	1,95	0,095	2	0,0 4

Продолжение таблицы 11

30-28	6,7	22,2	0,5	0,87	23	1	23	АПВ 5(1x4)	7,81	0,107	2	0,08
СП8-44	11,8	38,9	0,5	0,87	39	1	39	АПВ 5(1x10)	3,12	0,099	3	0,09
СП8-59	4,5	14,9	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	3	0,13
СП8-60	9	29,7	0,5	0,87	30	1	30	АПВ 5(1x6)	5,21	0,1	5	0,18
60-56	4,5	14,9	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	2	0,09
СП8-35	8,9	29,4	0,5	0,87	30	1	30	АПВ 5(1x6)	5,21	0,1	12	0,43
СП9-93	5,1	16,8	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	4	0,19
СП9-66	7	23,1	0,5	0,87	30	1	30	АПВ 5(1x6)	5,21	0,1	3	0,09
СП9-42	17,7	58,5	0,5	0,87	70	1	70	АПВ 5(1x25)	0,447	0,082	4	0,03
СП9-92	8,1	26,8	0,5	0,87	30	1	30	АПВ 5(1x6)	5,21	0,1	9	0,29
СП9-19	10,1	33,4	0,5	0,87	39	1	39	АПВ 5(1x10)	3,12	0,099	12	0,3
СП10-90	3,1	7,9	0,65	0,76	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	7	0,2
СП10-62	17,1	56,5	0,5	0,87	70	1	70	АПВ 5(1x25)	0,447	0,082	2	0,02
62-47	7,1	23,5	0,5	0,87	30	1	30	АПВ 5(1x6)	5,21	0,1	3	0,09
СП10-45	12,3	40,6	0,5	0,87	55	1	55	АПВ 5(1x16)	1,95	0,095	3	0,06
СП10-65	8,6	28,4	0,5	0,87	30	1	30	АПВ 5(1x6)	5,21	0,1	5	0,17
СП10-5	19,9	65,7	0,5	0,87	70	1	70	АПВ 5(1x25)	0,447	0,082	1	0,005
5-34	8,9	29,4	0,5	0,87	30	1	30	АПВ 5(1x6)	5,21	0,1	4,4	0,16
СП11-20	23	58,4	0,65	0,76	70	1	70	АПВ 5(1x25)	0,447	0,082	7	0,07
СП11-1	20	50,8	0,65	0,76	55	1	55	АПВ 5(1x16)	1,95	0,095	2	0,06
СП11-91	4,6	15,2	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	5	0,22
СП11-2	31	78,8	0,65	0,76	85	1	85	АПВ 3(1x35)+2(1x25)	0,894	0,088	6	0,14
СП11-94	18,1	46	0,65	0,76	55	1	55	АПВ 5(1x16)	1,95	0,095	10	0,28
СП12-46	18,3	46,5	0,65	0,76	55	1	55	АПВ 5(1x16)	1,95	0,095	1	0,03

Окончание таблицы 11

СП12-32	13,4	44,3	0,5	0,87	55	1	55	АПВ 5(1x16)	1,95	0,095	7	0,15
32-29	6,7	22,1	0,5	0,87	23	1	23	АПВ 5(1x4)	7,81	0,107	1	0,04
СП12-24	14,2	46,9	0,5	0,87	55	1	55	АПВ 5(1x16)	1,95	0,095	5	0,11
СП12-78	15,8	40,1	0,65	0,76	55	1	55	АПВ 5(1x16)	1,95	0,095	8	0,19
СП12-61	4,5	14,9	0,5	0,87	19	1	19	АПВ 5(1x2,5)	12,5	0,116	5	0,22
СП12-27	11,1	36,7	0,5	0,87	39	1	39	АПВ 5(1x10)	3,12	0,099	7	0,19
СП12-58	9	29,7	0,5	0,87	30	1	30	АПВ 5(1x6)	5,21	0,1	5	0,18
СП13-10	11,1	36,7	0,5	0,87	39	1	39	АПВ 5(1x10)	3,12	0,099	9	0,25
СП13-23	12,8	42,3	0,5	0,87	55	1	55	АПВ 5(1x16)	1,95	0,095	3	0,06
23-22	6,4	21,1	0,5	0,87	23	1	23	АПВ 5(1x4)	7,81	0,107	1	0,04
СП13-26	8,7	28,7	0,5	0,87	30	1	30	АПВ 5(1x6)	5,21	0,1	1	0,02
СП13-13	22,2	73,3	0,5	0,87	85	1	85	АПВ 3(1x35)+2(1x25)	0,894	0,088	2	0,03
13-11	11,1	36,7	0,5	0,87	39	1	39	АПВ 5(1x10)	3,12	0,099	1	0,03
СП13-25	7,9	26,1	0,5	0,87	30	1	30	АПВ 5(1x6)	5,21	0,1	8	0,26
СП13-39	26,2	66,6	0,65	0,76	70	1	70	АПВ 5(1x25)	0,447	0,082	4	0,04
39-36	13,1	33,3	0,65	0,76	39	1	39	АПВ 5(1x10)	3,12	0,099	2	0,06
СП14-43	11,8	38,9	0,5	0,87	39	1	39	АПВ 5(1x10)	3,12	0,099	1	0,03
СП14-31	13,4	44,3	0,5	0,87	55	1	55	АПВ 5(1x16)	1,95	0,095	1	0,02
31-33	6,7	22,1	0,5	0,87	23	1	23	АПВ 5(1x4)	7,81	0,107	2	0,08
СП14-48	9,8	32,3	0,5	0,87	39	1	39	АПВ 5(1x10)	3,12	0,099	1	0,02
СП14-37	13,1	33,3	0,65	0,76	39	1	39	АПВ 5(1x10)	3,12	0,099	4	0,13
СП14-8	11,1	36,7	0,65	0,76	39	1	39	АПВ 5(1x10)	3,12	0,099	8	0,28