

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

**РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЦЕХА
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

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

Идентификационный код ВКР: 709

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра энергетики и транспорта

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующая кафедрой ЭТ
_____ А.О. Прокубовская
«_____» _____ 2018 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЦЕХА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Исполнитель:
студент группы ДЗЭС-511

Р. Р. Салихов

Руководитель:
старший преподаватель кафедры ЭТ

Ю. А. Юксеев

Нормоконтролер:
старший преподаватель кафедры ЭТ

Т.В. Лискова

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 52 страницах машинописного текста, содержит 4 рисунка, 15 таблиц, 30 источников литературы.

Ключевые слова: ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРООСВЕЩЕНИЕ, АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ, МОЛНИЕЗАЩИТА, ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ.

Салихов Р.Р. Электроснабжение цеха подвижного состава: выпускная квалификационная работа / Р.Р. Салихов; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, Каф. энергетики и транспорта. – Екатеринбург, 2018. . – 57 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Разработка проекта электроснабжения цеха подвижного состава».

2. Цель работы – разработать проект электроснабжения цеха подвижного состава.

3. В работе был выполнен анализ основного электрооборудования цеха подвижного состава, выполнен расчет электрических нагрузок цеха, затем было выбрано, мощность и тип трансформаторов.

4. В ходе работы для достижения цели были решены следующие задачи:

- изучены аспекты выбора трансформаторов и оборудования;
- выполнен анализ мощностей потребителя;
- выполнен расчет токов короткого замыкания и выбрано электрооборудование.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДСТВА	7
2 РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЦЕХА	9
2.1 Краткая характеристика цеха и потребителей электрической энергии.....	9
2.2.1 Определение категорий надежности и выбор схем электроснабжения...10	
2.2.2 Расчет электрической силовой части цеха.....12	
2.2.3 Расчет осветительных установок цеха.....14	
2.2.4 Выбор числа и расчет мощности силовых трансформаторов на подстанции.....18	
2.3 Выбор точек и расчет токов короткого замыкания	20
2.4 Выбор основного оборудования и аппаратов защиты на подстанции.	24
2.4.1 Выбор шин и изоляторов.....25	
2.4.2 Выбор питающих и распределительных линий.....26	
2.4.2 Выбор компенсирующих устройств.....28	
2.6 Техничко-экономический расчет.....31	
2.6.1 Ремонтный цикл.....31	
2.6.2 Трудоемкость ремонтных работ.....33	
3 ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....39	
3.1 Эксплуатация электрических и осветительных установок.....39	
3.2 Приспособления для обслуживания осветительных установок.....41	
3.3 Планово-предупредительный осмотр, осветительной установки.....43	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	47
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	48

ВВЕДЕНИЕ

Решение многих задач, связанных с электроснабжением промышленных предприятий может быть достигнута несколькими технологическими средствами. Многовариантность реализации промышленных систем электроснабжения, требует проведения предварительных технико-экономических расчетов, результатом которых является экономическое обоснование выбранного технического решения.

Система электроснабжения промышленного предприятия, выполненная наиболее рационально, предусматривает удовлетворение требований по экономичности и надежности качества электроэнергии. При этом должна быть обеспечена гибкость системы, позволяющая дальнейшее расширение системы в случае развития предприятия, без существенного усложнения и удорожания первоначального варианта. Необходимо, также по возможности использовать варианты, позволяющие снизить расходы цветных металлов и электроэнергии.

Система электроснабжения, включает в себя комплекс устройств предназначенных для производства, передачи и распределения электрической энергии.

В процессе проектирования промышленных систем электроснабжения осуществляется выбор наиболее оптимального, рационального и эффективного варианта решения этого вопроса. Именно, комплексный подход к решению данной задачи, при учете всех необходимых требований и энергетических стандартов позволяют в дальнейшем экономически и технически грамотно работать всему предприятию.

В процессе проектирования и дальнейшей реализации промышленной системы электроснабжения, необходимо учитывать многочисленные факторы: потребляемая мощность и категория надежности, размещение электрических нагрузок и т.п.

Актуальность темы выпускной квалификационной работы заключается в том, что, создание экономичных, надежных промышленных систем электроснабжения, освещения, автоматизированных систем управления электроприводами и технологическими процессами, внедрение новых комплектных преобразовательных устройств и т.д.

Объектом исследования данной выпускной квалификационной промышленное предприятие на примере цеха подвижного состава, для которого требуется разработать систему электроснабжения .

Субъектом исследования выпускной квалификационной работы является система электроснабжения, в качестве комплекса устройств, предназначенных для передачи и распределения электрической энергии к потребителям цеха подвижного состава.

Предметом исследования является комплекс электрооборудования и осветительная установка цеха подвижного состава, являющиеся основными потребителями электроэнергии.

Целью работы - спроектирование надежной и эффективной с экономической точки зрения, системы электроснабжения цеха подвижного состава, входящего в состав механического завода.

В ходе работы над выпускной квалификационной работой необходимо выполнить следующие *задачи*:

- провести анализ хозяйственной деятельности предприятия, на основе которого сделать обоснование выбранной темы работы;
- провести расчет системы электроснабжения цеха;
- произвести расчет токов короткого замыкания;
- выбрать оборудование и аппараты защиты на подстанции;
- произвести расчет заземляющего устройства;
- произвести технико-экономический расчет проекта;
- рассмотреть вопросы техники безопасности при обслуживании электроустановок.

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДСТВА

Подача единиц подвижного состава на территорию цеха и их последующий вывод с территории после ремонта, осуществляется в соответствии с графиками, утвержденными руководством завода.

Перед подачей единиц подвижного состава, осуществляется обмывка и очистка кузовов, рам и ходовых частей. Для этого используются специальные обмывочные камеры-ангары, оборудованные поворотными колонками с вращающимися соплами, насосными станциями и бетонированными грязесборниками.

После поступления в цех, определяется объем и характер ремонтных работ. Для этого, перед началом ремонтных работ, каждая единица, поступившая в цех, осматривается начальником цеха или старшим мастером по описи. На транспортную единицу составляется дефектная ведомость, которая является одновременно и нарядом на производство ремонтно-сборочных работ. Далее, транспортные единицы проходят операции разборки ремонта и сборки.

В состав ремонтно-сборочных работ входят операции предварительной выправки деформированных и поврежденных частей рам и кузовов. Эти операции производятся на правильно-разборочной площадке.

На данной площадке используются специальные стенды для правки металлических частей кузовов, пневмогидравлические домкраты с электроприводом, а так же передвижные ремонтные и правильные машины, предназначенные для правки стоек, раскосов, армировки и выполнения других операций, связанных с кузовным ремонтом.

Все, снимаемые с транспортных единиц, неисправные детали и метизные изделия направляются в цех для исправления и повторного использования.

После проведения всего объема ремонтных работ, транспортные единицы принимаются инспектором-приемщиком и включаются в рабочий парк.

В результате многих производственных процессов, осуществляемых в цехе, образуются пыль и вредные газы, поэтому в помещении цеха установлены вентиляционные установки.

В случае аварийной остановки определенных производственных цехов, происходит остановка всего производственного цикла цеха. Следовательно, любое нарушение электроснабжения, влияет на объемы выпускаемой продукции. Поэтому от надежности промышленной энергосистемы зависит функционирование производства в целом.

В соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ), электроприемники в отношении обеспечения надежности электроснабжения подразделяются на три категории [4].

Электроприемники первой категории. Перерыв электроснабжения электроприемников, относящихся к данной категории, может обусловить возникновения опасных производственных факторов, результатом которых может стать опасность для жизни производственного персонала, нанесение существенного ущерба народному хозяйству, выход из строя дорогостоящего оборудования, массовый производственный брак, сбой сложного технологического процесса.

Электроприемники второй категории. Перерыв электроснабжения электроприемников, относящихся к данной категории, может стать причиной массового недовыпуска продукции, простоев рабочих, оборудования и промышленного транспорта.

Электроприемники третьей категории. К данной категории относятся электроприемники, неподходящие под определение, описанных выше категорий.

Для выбора оптимального варианта системы внешнего и внутреннего электроснабжения цеха подвижного состава необходимо определить требуемую степень надежности (категорию надежности) электроснабжения электроприемников (ЭП) и привести их технические характеристики [5].

2 РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЦЕХА

2.1 Краткая характеристика цеха и потребителей электрической энергии

Рассматриваемый цех предназначен для изготовления деталей строительной, дорожной и автотранспортной техники и является составной частью механического завода.

На нем предусмотрены: станочное отделение, где размещен станочный парк; ремонтная мастерская, служебные, вспомогательные и бытовые помещения. Транспортные операции выполняются с помощью кран-балки и наземных электротележек.

Цех подвижного состава получает электроснабжение от собственной трансформаторной подстанции (ТП) 10/0,4 кВ, расположенной на территории механического завода. Распределительные устройства (РУ) потребителей ЭЭ размещены в станочном отделении. От этой же ТП получают ЭСН еще два цеха с дополнительной нагрузкой каждый ($S = 250$ кВ-А, $\cos \varphi = 0,8$; $K_n = 0,5$).

Все электроприемники относятся ко второй категории надежности электроснабжения.

Количество рабочих смен - 3.

Грунт в районе здания - глина с температурой +15 °С. Каркас здания сооружен из блоков-секций длиной 8 и 6 м каждый.

Размеры здания $A \times B \times H = 48 \times 30 \times 7$ м.

Все помещения, кроме станочного отделения, двухэтажные высотой 3,2м.

Таблица 1- Перечень электрооборудования цеха

№ на плане	Наименование ЭО	Мощность Рэп, кВт	Примечание
1	2	3	4
1...3	Кузнечно-штамповочные	14,5	
4...8	Прессы электромеханические	28,1	
9...12	Прессы фрикционные	24,2	
13	Кран-балка	9,5	ПВ = 40 %
14...18	Молоты ковочные	10,2	

Окончание таблицы

1	2	3	4
19, 20	Вентиляторы	4,5	
21...26	Прессы кривошипные	15	ПВ - 60 %
27, 28	Насосы масляные	3,5	
29, 30	Наждачные станки	1,5	1-фазные
31, 32	Шлифовальные станки	7,5	
33, 34	Сверлильные станки	3	

План расположения электрооборудования цеха подвижного состава показан на рисунке 1.

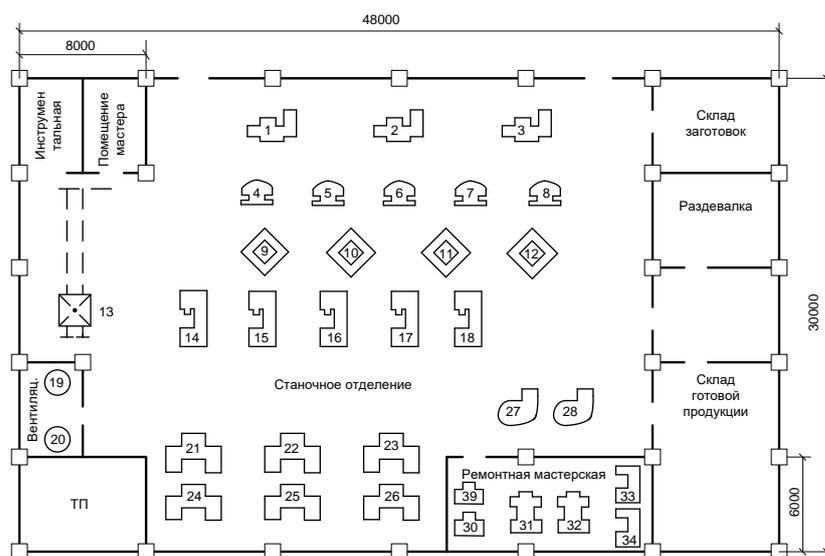


Рисунок 1 – План расположения электрооборудования цеха подвижного состава

Значение мощности электропотребления ($P_{эл}$, кВт) указано для одного электроприемника.

2.2.1 Определение категорий надежности и выбор схем электроснабжения

По надежности электроснабжения, подвижного состава цех (далее ЦПС) является потребителем второй категории. Данная категория предусматривает использование электроприемников, останов которых, в случае отключения электроэнергии, обуславливает большой недовыпуск продукции, массовые

простой рабочих, промышленного оборудования и транспорта, и нарушает нормальную деятельность значительного количества жителей городов и сельских поселений [4].

В данной работе, электроприемниками второй категории являются кузнечно-штамповочные автоматы, прессы электромеханического, кривошипного и фрикционного типа, кран-балка, молоты ковочные, а также масляные насосы. Суммарная установленная мощность всех перечисленных потребителей составляет $P_y = 584,4$ кВт, что соответствует 92 % от общей установленной мощности. Доля мощности, потребляемой электроприемниками третьей категории, соответственно, составляют 8%.

Систему электроснабжения ЦПС планируется запитать от РУ-10 кВ главной понижающей подстанции (ГПП) завода. ГПП расположена на расстоянии 0,43 км. Учитывая производственные условия и то что, основная доля потребителей относится ко второй категории, выберем для питания ЦПС двухкабельную линию. Линия будет проложена по эстакаде, что позволит обеспечить доступность и удобство для осмотра, эксплуатации и ремонта кабельной линии.

В соответствии с числом кабельных линий выбираем силовые трансформаторы ТП цеха в количестве двух штук. Тем самым обеспечим отдельный режим работы линий и трансформаторов, когда при выходе из строя любого элемента системы электроснабжения, исправный обеспечивает электроснабжение хотя бы потребителей второй категории в пределах допустимых перегрузок [4].

Силовые трансформаторы будут подключаться к кабельным линиям через разъединители. Такое подключение обеспечивает отключение трансформатора в режиме холостого хода и надежный видимый разрыв, что необходимо при производстве работ по ремонту и обслуживанию системы электроснабжения. Устройство резервной перемычки 10 кВ, в данном случае, излишне [4].

В качестве токопроводящего оборудования РУ-0,4 кВ используем сборные шины. Шины должны быть секционированы по количеству

трансформаторов. Каждая секция шин подключается к отдельному трансформатору, а также к соответствующей группе электроприемников [5].

Межсекционный ввод, и отходящие линии в РУ-0,4 кВ оборудуем автоматическими выключателями, с целью обеспечения возможности коммутации цепей в любых нормальных режимах и их автоматическое отключение в случае аварии [4].

В качестве внутренних распределительных устройств 0,4 кВ используем распределительные пункты, щитки освещения, шинопровод.

Электроприемники, к системе электроснабжения будет подключаться с помощью кабелей, проложенных в металлических коробах, трубах [5].

2.2.2 Расчет электрической силовой части цеха

В расчете силовых нагрузок используем метод коэффициента максимума. Данный метод основан на упорядоченных диаграммах, которые дают возможность определить расчетный максимум нагрузки исходя из номинальной мощности и характеристик электроприемников [18].

По заданной схеме электроснабжения осуществим группировку электроприемников по отходящим линиям. Каждую группу электроприемников разбиваем на подгруппы однородные по режиму работы с одинаковыми значениями коэффициентов использования и коэффициентов мощности. Номинальную мощность электроприемников с повторно-кратковременным режимом работы, приводим к длительному режиму.

Номинальная мощность кран-балки составит:

$$P_{Н\text{ дл}} = P_{п} \cdot \sqrt{ПВ} = 9,5 \cdot \sqrt{0,4} = 5,985 \text{ кВт.} \quad (13)$$

Аналогичным образом определим значение для прессов кривошипного типа:

$$P_{Н\text{ дл}} = 15 \cdot \sqrt{0,6} = 11,55 \text{ кВт.} \quad (14)$$

Расчетные данные цеха подвижного состава приведены в таблице 1.

Таблица 2 – Расчетные данные цеха подвижного состава

Наименование	n	Установленная мощность		m	K _и	cosφ/ tgφ	Средняя мощность		n _э	K _М	Максимальная расчетная мощность			I _М
		P _н	∑ P _н				P _{сМ}	Q _{сМ}			P _М	Q _М	S _М	
РП1 (13; 19...20)	3	4,5-28,1	18,5	< 3	0,31	0,8/1,73	6,35	5,69	3	1,3	8,25	6,26	10,36	15,7
РП2 (27...28)	2	3,5	12,25		0,7	0,8/0,75	8,58	6,44						
РП3 (29...34)	6	1,5-7,5	25,25	> 3	0,15	0,5/2,29	3,72	6,97	6	2,64	9,82	7,67	12,22	18,5
ШП1 (1...8)	8	14,5-28,1	184	< 3	0,19	0,65/1,17	35,5	47,5	5	1,75	62,13	45,7	77	116,7
ШП2(9..12; 14..18)	9	10,2-24,2	147,8	< 3	0,2	0,65/1,17	29,44	34,8	12	2,24	65,95	37,88	76,05	117
ШП3(21...26)	6	15	90	< 3	0,2	0,62/1,27	18	22,9	12	1,75	31,5	25,15	40,31	62,01
ЩО1 ЛД-40	8	0,64	0,64		0,85	0,95/0,33	0,5	0,17			0,54	0,18	0,57	0,88
ЩО2 ЛД-40	35	2,8	2,8		0,85	0,95/0,33	2,38	0,79			2,5	0,87	2,65	4,08
ЩОО ЖСП-250	20	5	5		0,9	0,95/0,33	4,5	1,49			4,64	1,64	4,92	7,57
ЩАО ДРЛ-250	10	1	1		0,9	0,95/0,33	0,9	0,3			0,93	0,33	0,99	1,52
Итого: нагрузка 0,4 кВ КПУ	107	0,64-28,1	487,5	>3	0,2	0,4/0,95	109,9	120,6 9	35	1,34	147,23	132,8	98,2	295,8
2 дополнительных участка цеха						0,8/0,75					200	150	250	380,8
Всего по ТП-КПУ						0,77/0,82					347,23	282,8	448,2	676,6
Всего по ТП-КПУ с учётом компенсации						0,95/0,41					347	42,76	349,6	537,9

2.2.3 Расчет осветительных установок цеха

В системе общего освещения цеха подвижного состава, с целью энергосбережения будем использовать светодиодные светильники [26].

Размеры помещения станочного отделения: $A = 32$ м; $B = 30$ м; $H = 7$ м.

Определим рабочую высоту:

$$h = H - h_c - h_p = 7 - 0,7 - 0,8 = 5,5 \text{ м}, \quad (1)$$

где H – высота помещения, м;

$h_c = 0,7$ м – высота свеса светильника, м;

$h_p = 0,8$ м – высота рабочей поверхности над полом, м.

Определим индекс помещения:

$$i = \frac{AB}{h \cdot (A+B)} = \frac{32 \cdot 30}{5,5 \cdot (32+30)} = 2,81 \approx 3. \quad (2)$$

Рассчитаем коэффициент использования светового потока: $k_{ii} = 60\%$, в зависимости от индекса помещения, типа светильника и отражающих свойств потолка $p_{ii} = 50\%$, стен $p_c = 30\%$, рабочей поверхности $p_{рп} = 30\%$ [33].

Площадь помещения станочного отделения определим как разность общей площади здания и суммарной площади всех остальных помещений:

$$S = 552 \text{ м}^2.$$

В соответствии с разрядом зрительных работ принимаем минимальную освещенность:

$$E_{\min} = 100 \text{ лк.}$$

Принимаем количество рядов 3, и количество светильников в ряду 4.

Световой поток одной лампы рассчитаем по формуле:

$$F_{л} = \frac{E_{\min} \cdot k_3 \cdot S_z}{N \cdot k_{ii}} = \frac{100 \cdot 1,8 \cdot 552 \cdot 1,5}{12} = 12420 \text{ лм}, \quad (3)$$

где $k_3 = 1,8$ – коэффициент запаса;

z – коэффициент, зависящий от типа источника света, для ламп ДРЛ $z = 1,15$;

N – количество светильников, шт.

Для освещения данного помещения будем использовать светильники имеющие тип кривой силы света Г-1, поэтому отношение расстояний между соседними светильниками к расчетной высоте их установки принимаю $L/H_p=0,9$ м. Исходя из этого, предварительно рассчитываем расстояния между соседними светильниками и от крайних светильников до стен [33].

$$L=0,9 \cdot 5,5=4,95 \text{ м,}$$

$$I=0,4 \cdot 4,95=1,98 \text{ м.}$$

Далее определяем число рядов светильников и число светильников в каждом ряду:

$$R = \frac{B-2 \cdot I}{L} + 1 = \frac{30-2 \cdot 1,98}{4,95} + 1 = 6,3 = 6 \text{ рядов.} \quad (4)$$

$$N_R = \frac{A-2 \cdot I}{L} + 1 = \frac{32-2 \cdot 1,98}{4,95} + 1 = 6,6 = 7 \text{ шт.} \quad (5)$$

где A - длина помещения, м;

B - ширина помещения, м;

L - расстояние от крайних светильников до стен, м.

Определяем действительные расстояния между рядами светильников и лампами в ряду:

$$L_B = \frac{B-2 \cdot I}{R-1} = \frac{30-2 \cdot 1,98}{6-1} = 5,2 \text{ м.} \quad (6)$$

$$L_A = \frac{A-2 \cdot I}{N_R-1} = \frac{32-2 \cdot 1,98}{7-1} = 4,7 \text{ м.} \quad (7)$$

В качестве источника света будем использовать светильники ML120C на основе светодиодной матрицы TRXA-120с– 120Вт [26].

Номинальный световой поток выбранного источника света $\Phi_{ном}=12000$ лм .

Произведем расчет мощности рабочего освещения:

$$P_p = k_c \cdot k_{пра} \cdot \sum P_{ном}, \text{ кВт,} \quad (8)$$

где k_c – коэффициент спроса;

$k_{пра}$ – коэффициент пускорегулирующей аппаратуры (ПРА);

$\sum P_{ном}$ – сумма мощностей ламп рабочего освещения, кВт,

$$P_p = 0,95 \cdot 1,1 \cdot (120 \cdot 42) = 5,3 \text{ кВт.}$$

Определяем расчетную реактивную мощность осветительной нагрузки $Q_{p.o}$, кВар, по формуле:

$$Q_{p.o} = P_{p.o} \cdot \operatorname{tg} \varphi_0 \quad (9)$$

где $\operatorname{tg} \varphi$ - коэффициент реактивной мощности освещения, при $\cos \varphi = 0,57$.

$$Q_{p.o} = 5,3 \cdot 1,44 = 7,6 \text{ кВар.}$$

Полную расчетную осветительную нагрузку $S_{p.o}$, кВА, определяем по формуле:

$$S_{p.o} = \sqrt{P_{p.o}^2 + Q_{p.o}^2} = \sqrt{5,3^2 + 7,6^2} = 9,3 \text{ кВт,} \quad (10)$$

Расчетный ток осветительной сети $I_{p.o}$, А, определяем по формуле:

$$I_p = \frac{S_{p.o.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{9,3}{1,73 \cdot 0,38} = 14,15 \text{ А.} \quad (11)$$

По результатам расчета выбираем провод с медными жилами, типа ВВГ-П 3x1,5, рассчитанный на ток $I=16$ А.

В системе аварийного освещения будем использовать светильники РН-200 с лампами типа ЛБ [26]. Мощность аварийного освещения составляет процентную долю от основного:

20% - для продолжения работы;

5% - для эвакуации.

$$P_{ав} = 13200 \cdot 0,05 = 660 \text{ Вт.}$$

Количество светильников – 6 шт.

В качестве проводки аварийного освещения используем провод АПВ, с сечением жилы $2,5 \text{ мм}^2$.

Расчет помещений непромышленного характера, таких как склад заготовок, раздевалка, склад готовой продукции и т.д., производится по методу удельной мощности светового потока. Проведем светотехнический расчет помещения склада готовой продукции.

Размеры помещения: $A = 8 \text{ м}$; $B = 12 \text{ м}$; $H = 7 \text{ м}$.

Площадь помещения: $S = 8 \cdot 12 = 96 \text{ м}^2$.

При $S = 96 \text{ м}^2$, и числе светильников $N = 12$ определим мощность одной лампы:

$$P = \frac{S \cdot W}{N} = \frac{96 \cdot 7,5}{12} = 60 \text{ Вт.} \quad (12)$$

Выбираем лампу ЛБ 2 x 30 Вт.

Суммарная мощность составит: $P_c = 720 \text{ Вт.}$

Определяем расчетную реактивную мощность нагрузки аварийного освещения:

$$Q_{p.a.o} = 0,72 \cdot 1,44 = 1,04 \text{ квар.}$$

Полная расчетная нагрузка аварийного освещения составит:

$$S_{p.a.o} = \sqrt{0,72^2 + 1,04^2} = 1,3 \text{ кВт,}$$

Расчетный ток сети аварийного освещения составит:

$$I_p = \frac{1,3}{1,73 \cdot 0,38} = 1,98 \text{ А.}$$

Для сети аварийного освещения выбираем аналогичный провод.
Расположение светильников представлено на рисунке 2.

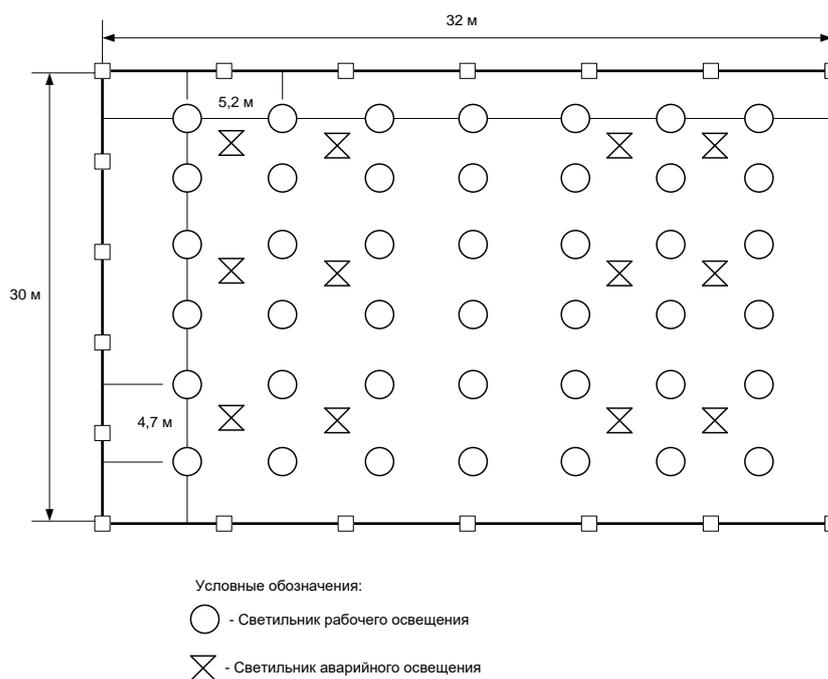


Рисунок 2 – План расположения светильников

В системе общего освещения цеха подвижного состава, с целью энергосбережения использованы светодиодные светильники ML120C. В системе аварийного освещения использованы светильники РН-200 с лампами типа ЛБ.

2.2.4 Выбор числа и расчет мощности силовых трансформаторов на подстанции

Силовые понижающие трансформаторы, служат для понижения питающего напряжения 10кВ до рабочего напряжения потребителей - 0,4 кВ. Являясь основными элементами электроснабжения, силовые трансформаторы осуществляют также распределения электроэнергии по КПУ с низкой стороны [13].

Исходя из требований надежности, установим 2 силовых понижающих трансформатора с первичным напряжением $U_1 = 10$ кВ и вторичным $U_2 = 0,4$ кВ.

Расчет мощности трансформаторов будем производить с соблюдением следующего условия. Трансформаторы в нормальном режиме должны обеспечивать электроэнергией все электроприемники, при оптимальной нагрузке с наименьшими потерями. В случае перехода в аварийный режим (выход из строя одного из трансформаторов), исправный трансформатор должен обеспечивать работу электроприемников первой категории в режиме допустимой перегрузки [13].

Расчет мощности трансформаторов будем производить исходя из следующих данных для:

- полная расчетная мощность нагрузок 0,4 кВ $S_p = 349$ кВА;
- доля электроприемников второй категории надежности составляет 92%, третьей категории - 8%;
- полная расчетная мощность электроприемников второй категории составляет:

$$S_{II \text{ кат}} = 0,92 \cdot S_p = 0,92 \cdot 349 = 321,08 \text{ кВА}, \quad (16)$$

где $K_{зт}$ – коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме, $K_{зт} = (0,6 - 0,75)$.

где $K_{ар}$ – коэффициент перегрузки трансформатора в аварийном режиме, не должен быть выше значения 1,4. Допустимое время работы

трансформатора в режиме максимальной перегрузке составляет не более 6-ти часов в сутки, в течение не более чем 5-ти суток подряд.

Произведем предварительный расчет и определим ориентировочную мощность трансформаторов, в соответствии указанными выше условиями:

$$S_{\sim T} = \frac{S_{зТ}}{2 \cdot K_{зТ}} = \frac{349}{2 \cdot 0,68} = 257 \text{ кВА.} \quad (17)$$

Чтобы определить оптимальную мощность трансформатора, рассмотрим стандартные значения мощности трансформаторов, меньшие и ориентировочные.

1. Два трансформатора, каждый мощностью $S_T = 630$ кВА.

$$K_{зТ} = \frac{S_p}{2 \cdot S_T} = \frac{349}{2 \cdot 630} = 0,28. \quad (18)$$

В результате получили достаточно низкий коэффициент загрузки трансформатора $K_{зТ}$. Это говорит о том, что в нормальном режиме, даже в часы максимальных нагрузок, трансформаторы будут работать с большой недогрузкой. Это повлечет за собой большие потери электроэнергии, что в свою очередь, вызовет необоснованно завышенные капитальные затраты и эксплуатационные расходы. Делаем вывод о том, 1 вариант неэкономичен и в дальнейшем не рассматривается [13].

2. Два трансформатора, каждый мощностью $S_T = 160$ кВА.

$$K_{зТ} = \frac{S_p}{2 \cdot S_T} = \frac{349}{2 \cdot 160} = 1,09. \quad (19)$$

Даже в нормальном режиме трансформатор будет работать с перегрузкой, что неприемлемо для систем электроснабжения, поэтому дальнейшую проверку производить не будем.

3. Два трансформатора, каждый мощностью $S_T = 320$ кВА.

$$K_{зТ} = \frac{S_p}{2 \cdot S_T} = \frac{349}{2 \cdot 320} = 0,55. \quad (20)$$

$$1,4S_T > S_{кат} = 1,4 \cdot 320 > 321,08 = 448 > 321,08 \text{ кВА.}$$

Справочные данные трансформатора представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Данные силового трансформатора ТМ – 320/10

Марка	Потери, кВт		Ток холостого хода, I_x , %	Напряжение короткого замыкания, U_K , %
	Холостого хода, ΔP_x	Короткого замыкания, ΔP_K		
ТМ – 320/10	1.60	6.07	7.5	5,5

В данном случае, мощность трансформатора соответствует условиям как нормальной эксплуатации, так и аварийного режима, следовательно, в данной работе будем использовать трансформаторы марки ТМ –320/10, мощностью $S_T = 320$ кВА [13].

2.3 Выбор точек и расчет токов короткого замыкания

С целью правильного выбора оборудования и проводящих частей, устойчивых к воздействию токов КЗ, а так же для определения уставок релейной защиты и защитных аппаратов необходимо произвести расчет токов короткого замыкания (КЗ) [2]. Для этого, мощность короткого замыкания на шинах 6 кВ питающей ТП примем равной значению отключающей мощности выключателя на питающей линии:

$$S_K = S_{откл} = 152 \text{ МВА.}$$

Расчет произведем в именованных единицах (Ом, мОм), на основании параметров элементов электрической цепи. Определим активные и индуктивные сопротивления цепи КЗ, приведенные к базисной ступени напряжения, в условиях нормального режима работы. Для этого составим расчетную схему. В расчетной схеме будем учитывать источник питания и все элементы схемы, оказывающие влияние на величину токов КЗ [19].

В соответствии с расчетной схемой составим схему замещения, где укажем сопротивления всех элементов и наметим точки для расчета токов КЗ.

Расчетная и эквивалентная схемы, представлены на рисунках 2 и 3 соответственно.

Коммутационные аппараты и сечения проводников предварительно выберем по номинальному току [2].

Определим значения сопротивления элементов цепи КЗ для ступени напряжения $U_6 = 400$ В:

$$X_c = \frac{U_6^2}{S_k} = \frac{160000}{152} = 1053 \text{ о.е.} \quad (21)$$

Определим значение сопротивления кабельной линии Л1:

$$R_{Л1} = R_0 \cdot L \cdot \left(\frac{U_6}{U_{cp}}\right)^2 = 2,28 \cdot 0,43 \cdot \left(\frac{0,4}{6}\right)^2 = 4,4 \text{ Ом.} \quad (22)$$

$$X_{Л1} = X_0 \cdot L \cdot \left(\frac{U_6}{U_{cp}}\right)^2 = 0,113 \cdot 0,43 \cdot \left(\frac{0,4}{6}\right)^2 = 0,22 \text{ Ом.} \quad (23)$$

где R_0 , X_0 – активное и индуктивное удельные сопротивления линии Л1, Ом/км.

Расчетная схема приведена на рисунке 3, схема замещения – на рисунке 4.

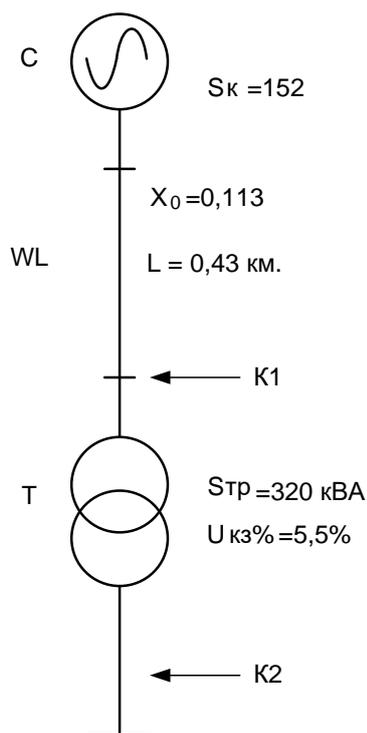


Рисунок 3 – Расчетная схема

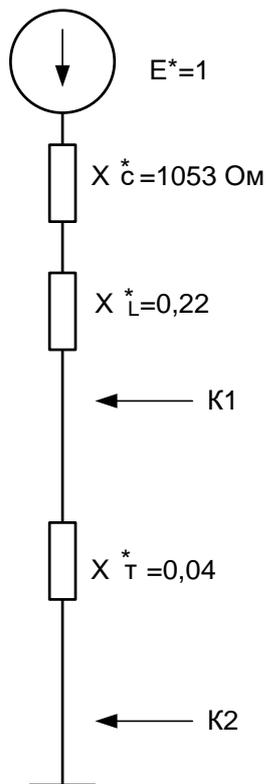


Рисунок 4 – Схема замещения

Далее определим результирующее сопротивление цепи КЗ в точке К1:

$$R_{K1} = R_{л1} = 4,4 \text{ Ом.}$$

$$X_{K1} = X_c + X_{л1} = 1053 + 0,22 = 1053,22 \text{ Ом} \quad (24)$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{4,4^2 + 1053,22^2} = 1053,23 \text{ Ом.} \quad (25)$$

Определим значения сопротивлений трансформатора ТМ - 320/10:

$$R_{*T} = \frac{\Delta P_K}{S_T} = \frac{3,3}{320} = 0,0103 \text{ Ом.} \quad (26)$$

$$X_{*T} = \sqrt{U_K^2 - R_{*T}^2} = \sqrt{0,055^2 - 0,0103^2} = 0,04 \text{ о.е.} \quad (27)$$

$$R_T = R_{*T} \cdot \left(\frac{U_6^2}{S_T}\right) = 0,0103 \cdot \left(\frac{160000}{320 \cdot 10^3}\right) = 5,15 \text{ Ом.} \quad (28)$$

$$X_T = X_{*T} \cdot \left(\frac{U_6^2}{S_T}\right) = 0,04 \cdot \left(\frac{160000}{320 \cdot 10^3}\right) = 0,02 \text{ Ом.} \quad (29)$$

В данных выражениях, R_{*T}, X_{*T} – относительные, соответственно, активное и индуктивное сопротивления трансформатора; U_6 – напряжение КЗ, ΔP_K – мощность потерь КЗ.

Результирующее сопротивление цепи КЗ в точке К2 составит:

$$R_{K2} = R_{K1} + R_T + R_{п1} + R_{B1} + R_{пш} + R_{ш}, \text{ Ом}, \quad (30)$$

где $R_{пш} = 15 \text{ МОм}$ - переходное сопротивление контактных соединений алюминиевых шин при $D_{cp} = 300 \text{ мм}$, $r_0 = 0,142 \text{ Ом/м}$ и $x_0 = 0,2 \text{ Ом/м}$.

Полные сопротивления шин при длине 5м: $R_{ш} = 0,71 \text{ Ом}$, $X_{ш} = 1 \text{ Ом}$. Тогда:

$$R_{K2} = 1,57 + 5,15 + 0,15 + 0,1 + 15 + 0,71 = 22,7 \text{ Ом}.$$

$$X_{K2} = X_{K1} + X_T + X_{ш} + X_{B1} = 1,128 + 0,02 + 1 + 0,1 = 2,25 \text{ Ом}.$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{22,7^2 + 2,25^2} = 22,8 \text{ Ом}. \quad (31)$$

Рассчитаем действующее и ударное значение тока КЗ, I_K, i_y , а так же определим мощность КЗ, S_K в намеченных точках.

Для точки К1:

$$I'_{K1} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 1,93} = 119,8 \text{ кА}, \quad (32)$$

$$I_{K1} = I'_{K1} \cdot \frac{U_6}{U_{cp.n}} = 119,8 \cdot \frac{0,4}{6} = 4,8 \text{ кА}, \quad (33)$$

$$i_{y1} = \sqrt{2} \cdot K_{y1} \cdot I_{K1} = 1,41 \cdot 1,38 \cdot 4,8 = 9,35 \text{ кА}. \quad (34)$$

$$S_{K1} = \sqrt{3} \cdot U_{cp.n} \cdot I_{K1} = \sqrt{3} \cdot 6 \cdot 4,8 = 82,97 \text{ МВА}. \quad (35)$$

Аналогично, для точки К2:

$$I_{K2} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1}} = \frac{400}{1,73 \cdot 31,75} = 7,3 \text{ кА},$$

$$i_{y2} = \sqrt{2} \cdot K_{y2} \cdot I_{K2} = 1,41 \cdot 1 \cdot 7,3 = 10,3 \text{ кА}.$$

$$S_{K2} = \sqrt{3} \cdot U_{cp.n} \cdot I_{K2} = \sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 7,3 = 5,04 \text{ МВА}.$$

В приведенных выражениях, I'_{K1} – значение тока КЗ в точке К1, при напряжении 0,4 кВ; K_y – коэффициент, учитывающий соотношение между активным и индуктивным сопротивлением цепи КЗ, и определяемый местом КЗ (ударный коэффициент) [2]; $U_{cp.n}$ – среднее номинальное напряжение, при котором производится расчет тока КЗ.

Результаты расчетов токов КЗ сводим в таблицу 4.

Таблица 4 – Расчетные токи короткого замыкания

Точка КЗ	$Z_K, \text{ Ом}$	$I_K, \text{ кА}$	$i_y, \text{ кА}$	$S_K, \text{ МВА}$
К1	1053,23	4,8	9,35	82,97
К2	22,8	7,3	10,3	5,04

Расчет токов короткого замыкания был произведен в соответствии с расчетной схемой и схемой замещения, где указаны сопротивления всех элементов и намечены точки для расчета токов КЗ.

2.4 Выбор основного оборудования и аппаратов защиты на подстанции

Выбор необходимого, предназначенного для установки на ТП оборудования, производим в соответствии со схемой электроснабжения. При этом, учитываем условие, что расчетные значения элемента электрической цепи в месте установки выбираемого аппарата, не должны быть выше паспортных, номинальных значений данного аппарата. Далее производим проверку на устойчивость к воздействию токов КЗ. Оборудование в РУ-0,4кВ ТП комплектуется на панелях распределительных щитов типа ЩО70-3УЗ [16].

Перечень выбранного оборудования и его расчетные и номинальные величины приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Оборудование системы электроснабжения

Наименование оборудования	Паспортные данные	Расчетные данные
1	2	3
РУ - 6кВ		
Разъединитель внутренней установки	$U_n=6\text{кВ}$ $I_n=400\text{А}$ $I_{\text{терм}}=16\text{кА}$ $I_{\text{дин}}=41\text{кА}$	$U_n=6\text{кВ}$ $I_p=24\text{А}$ $I_k=4,79\text{кА}$ $i_y=9,35\text{кА}$
Ограничитель перенапряжения ОПН-КР/TEL-6/6,9	$U_n=6\text{кВ}$ $U_{\text{кл}}=6,9\text{кВ}$ $I_{\text{разр}}=10\text{кА}$ $I_{\text{проп}}=250\text{А}$	-
Автоматические выключатели 0,4кВ		
Вводной и межсекционный АЗ750Б	$U_n=380\text{В}$ $I_n=800\text{А}$ $I_k=6300\text{А}$ $i_y=100\text{кА}$	$U_n=380\text{В}$ $I_p=231\text{А}$ $I_k=4,79\text{кА}$ $i_y=9,35\text{кА}$
Отходящие		
РП1, РП2, РП3 (АЗ710Б)	$U_n=380\text{В}$ $I_n=50\text{А}$ $I_k=500\text{А}$ $i_y=36\text{кА}$	$U_n=380\text{В}$ $I_p=20\text{А}$ $I_k=7,28\text{кА}$ $i_y=10,3\text{кА}$
ЩО-1, ЩО-2, ЩАО, ЩОО (АЕ2026)	$U_n=380\text{В}$ $I_n=16\text{А}$ $I_{\text{эм.р.}}=192\text{А}$	$U_p=380\text{В}$ $I_p=14,96\text{А}$
ТТ Т – 0,66УЗ	$U_n=660\text{В}$ $I_{n1}=800\text{А}$ $I_{n2}=5\text{А}$ $I_{\text{терм}}=50\text{кА}$ $I_{\text{дин}}=25\text{кА}$	$U_n=380\text{В}$ $I_p=231\text{А}$ $I_k=4,79\text{кА}$ $i_y=9,35\text{кА}$
ШП АЗ720Б	$U_n=380\text{В}$ $I_n=250\text{А}$ $I_k=2500\text{А}$ $i_y=7536\text{кА}$	$U_n=380\text{В}$ $I_p=120\text{А}$ $I_k=7,28\text{кА}$ $i_y=10,3\text{кА}$

Окончание таблицы

1	2	3
Ограничитель перенапряжения ОПН – КР/TEL – 0,38/0,5	U _н =0,4В U _{кл} =0,5кВ I _{разр} =6кА I _{проп} =150А	-
Амперметр	Шкала 0 – 800 А	I _p =231А
Вольтметр	Шкала 0 – 500 А	U _p =380В
Электросчётчик EA10RL-P1B4	0-5А, 400В	-

2.4.1 Выбор шин и изоляторов

Для монтажа в РУ-0,4 кВ будем использовать шины из алюминия. Данных шины имеют размеры: 50 х 5 мм, сечение полосы - 250мм². Допустимое значения тока шин составляет: I_{доп} = 665А. Полоса монтируется на ребро. Пролет между опорными изоляторами принимаем: L = 1000 мм, Расстояние между фазами составит: a = 350 мм.

Далее осуществим проверку шины на динамическую устойчивость при воздействии токов КЗ [14].

При трехфазном КЗ, усилие, действующее между фазами определим по формуле:

$$F_{\text{расч}} = \left(1,76 \cdot i_{\text{уд}}^2 \cdot \frac{1}{a}\right) \cdot 10^{-1} = \left(1,76 \cdot \frac{9,35}{0,35}\right) \cdot 10^{-1} = 44 \text{ Н.} \quad (36)$$

Механическое напряжение в шинах составит:

$$\delta_{\text{расч}} = \frac{F_1}{10W} = \frac{44}{10 \cdot 0,21} = 20,95 \text{ МПа,} \quad (37)$$

где W – момент сопротивления шин, который, в свою очередь, определяется

$$W = \frac{b^2 \cdot h}{6} = \frac{0,5^2 \cdot 5}{6} = 0,21 \text{ см}^3. \quad (38)$$

Шины сечением 250мм² полностью удовлетворяют условию динамической устойчивости: $\delta_{\text{расч}} = 20,95 \text{ МПа}$, что меньше допустимого значения $\delta_{\text{доп}} = 80 \text{ МПа}$.

Далее осуществим проверку шины на термическую устойчивость к токам КЗ. Сначала рассчитаем минимальное сечение алюминиевых шин, при величине тока КЗ равной 4,79 кА, в течение 1 секунды:

$$S_{\text{мин}} = I_{\text{к}} \cdot \sqrt{\frac{t_{\text{пр}}}{C}} = 4790 \cdot \sqrt{\frac{1}{88}} = 54,4 \text{ мм}^2, \quad (39)$$

где $C = 88$ – коэффициент для алюминиевых.

Выбранные шины полностью удовлетворяют условию термической устойчивости: $S_{\text{мин}} = 54,43 \text{ мм}^2$ менее $S_{\text{ш}} = 250 \text{ мм}^2$.

Выбор изоляторов осуществляем исходя из номинального напряжения и тока. Далее осуществляем проверку на механическую нагрузку при КЗ, при этом учитываем условие, что рассчитанное значение для данного типа изолятора, не должно быть больше чем 60% от разрушающей нагрузки [14].

В соответствии со сказанным выше, используем опорные изоляторы марки ИО-0,66-375-2У3. Параметры данного типа изоляторов следующие:

$$U_{\text{н}} = 0,66 \text{ кВ};$$

$$F_{\text{разр}} = 3750 \text{ Н.}$$

Тогда:

$$0,6 F_{\text{разр}} > F_{\text{расч}} = 2250 > 44 \text{ Н.}$$

Выбранные изоляторы полностью удовлетворяют условию механической нагрузки при КЗ.

В РУ-0,4 кВ, будет использованы 6 шин из алюминия (по 3 на каждый трансформатор) и 6 опорных изоляторов ИО-0,66-375-2У3 (по 3 на каждый трансформатор). Шины и изоляторы устанавливаются на вводе в РУ-0,4 кВ.

2.4.2 Выбор питающих и распределительных линий

Питающую кабельную линию выбираем исходя из значения экономической плотности тока в режиме нормальной работы, из длительно допустимого тока нагрузки в режиме аварии (в случае повреждения одного из

кабелей). Далее осуществляют проверку на термическую устойчивость к воздействию токов КЗ, а также на падение напряжения [14].

Предварительно, в качестве питающей линии выбираем алюминиевый кабель марки АСБГ.

Рассчитаем сечение кабеля по экономической плотности тока при $T_m = 4100$ час.

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{I_{\text{макс}}}{2 \cdot j_{\text{ЭК}}} = \frac{24}{2 \cdot 1,4} = 8,6 \text{ мм}^2, \quad (40)$$

где $I_{\text{макс}}$ – максимальный расчетный ток при напряжении 6 кВ;

$j_{\text{ЭК}}$ – экономическая плотность тока.

Для кабеля АСБГ-6-5х50 допустимый ток $I_{\text{доп}} = 65 \text{ А}$.

Питающая линия на основе кабеля АСБГ-6-5х50 полностью удовлетворяет условию нагрева длительным током:

$$I_{\text{доп}} = 65 \text{ А} > I_{\text{макс}} = 24 \text{ А}. \quad (41)$$

Произведем проверку кабеля АСБГ-10-5х50 на термическую устойчивость к воздействию тока КЗ по минимально допустимому сечению:

$$S_{\text{мин}} = I_{\text{к}} \cdot \sqrt{\frac{t_{\text{пр}}}{C}} = 4790 \cdot \sqrt{\frac{0,22}{88}} = 25 \text{ мм}^2. \quad (42)$$

Условие термической устойчивости к воздействию тока КЗ кабель АСБГ-10-5х50 полностью удовлетворяет: $45 \text{ мм}^2 > 25 \text{ мм}^2$

Далее осуществим проверку выбранного кабеля на потерю напряжения при номинальной нагрузке. Для силовых сетей переменного тока отклонение напряжения от номинального значения не превышает $\pm 5\%$ [5].

Потеря напряжения в кабельной линии составит:

$$\Delta U = \left(\sqrt{3} \cdot I_{\text{р}} \cdot \frac{L}{U_{\text{н}}} \right) \cdot (R_0 \cdot \cos\varphi + X_0 \cdot \sin\varphi) \cdot 100 = \left(\sqrt{3} \cdot 12 \cdot \frac{0,43}{6000} \right) \cdot (2,28 \cdot 0,93 + 0,113 \cdot 0,37) \cdot 100 = 0,2 \%, \quad (43)$$

Величина потери напряжения находится в пределах нормы:

$$0,19\% < 5\%.$$

На основании представленных расчетов, можно сделать окончательный выбор в пользу кабеля АСБГ -6-5х50 в качестве питающей линии.

В качестве распределительных силовых линий напряжением 0,4 кВ, используем распределительный шинопровод и алюминиевый кабель марки АВВГ НГ-LS. Сечения выбранных кабелей определим по длительно-допустимому току. Это обусловлено небольшой протяженностью силовых линий. Также произведем проверку силовых линий на соответствие аппарату защиты и на термическую устойчивость к воздействию тока КЗ. Параметры распределительных силовых линий представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Распределительные линии напряжением 0,4 кВ

Линия	Расчетн. ток I_p , А	Ток расцепителя $I_{нр}$, А	Коэффициент защиты КЗ	Ток защиты I_z , А	Марка и сечение проводника	Длительно допустимый ток $I_{доп}$, А
РП-1	15,71	50	1	50	АВВГ – 4x45	69
РП-2	19,33	50	1	50	АВВГ - 4x45	69
РП-3	18,5	50	1	50	АВВГ - 4x45	69
ШП-1	116,67	250	1	250	ШРА-73	250
ШП-2	117	250	1	250	ШРА-73	250
ЩО	14,96	16	1	16	ПВ-1-5 (1x2,5)	30
Цех ГП	361	400	1	400	АВВГ-1- 2(4x150)	2x216

Определим минимально-допустимое сечение кабелей по условию термической устойчивости к воздействию тока КЗ:

$$S_{\min} = I_k \cdot \sqrt{\frac{t_{пр}}{C}} = 7280 \cdot \sqrt{\frac{0,065}{75}} = 24,7 \text{ мм}^2. \quad (44)$$

Таким образом, минимально-допустимое сечение кабелей по условию термической устойчивости к воздействию тока КЗ, составляет 24,7 мм².

2.4.2 Выбор компенсирующих устройств

Из расчетов получен общий коэффициент мощности, который составляет $K_p = 0,77$. Полученная величина является невысоким значением, вызывающим непроизводительную нагрузку реактивной мощности электрических сетей, что влечет большие потери активной мощности. С целью увеличения значения K_p до оптимального значения $K_p = 0,95$ следует компенсировать реактивную

мощности с помощью компенсирующих устройств. Компенсации подлежит следующая величина реактивной мощности [18]:

$$Q_k = P_m \cdot (\operatorname{tg}\varphi_p - \operatorname{tg}\varphi_{\text{опт}}) = 347,23 \times (0,825 - 0,329) = 172,23 \text{ квар}, \quad (15)$$

где P_m - расчетная максимальная активная мощность, кВт.

$\operatorname{tg}\varphi_p$ $\operatorname{tg}\varphi_{\text{опт}}$ – тангенсы углов расчетного и оптимального коэффициента мощности.

В качестве компенсирующих устройств будем использовать две конденсаторные установки ККУ-0,38-1, установленные в РУ-0,4 кВ ТП и подключенные по одной на каждую секцию шин. Каждая установка имеет мощность 80 квар.

Итоговые расчетные значения нагрузок составят:

$$P_m = 347 \text{ кВт};$$

$$Q_m = (282,7 - 80 \cdot 2) = 42,76 \text{ квар};$$

$$S_m = 349,62 \text{ кВА};$$

$$I_m = 537,88 \text{ А};$$

$$\cos\varphi = 0,95;$$

$$\operatorname{tg}\varphi = 0,41.$$

2.5 Расчет заземления

Исходные данные для расчета заземляющего устройства (ЗУ) следующие: удельное сопротивление грунта в районе подстанции $\rho_{\text{гр}}$ и сопротивление заземляющего устройства $R_{\text{зу}}$. Последнее зависит от рабочего напряжения электроустановки и режима ее нейтрали [34].

Подстанция является помещением, встроенным в здание прессового участка. Учитывая это, заземлители расположим вдоль стены здания. В качестве заземлителей будем использовать вертикальные прутковые электроды. Грунт в районе здания – глина, удельное сопротивление которой составляет $\rho_{\text{гр}} = 40 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

Определим расчетное сопротивление грунта с учетом коэффициента повышения сопротивления:

$$\rho = \rho_{гр} \cdot \psi = 40 \cdot 1,36 = 54,4 \text{ Ом} \cdot \text{м} = 0,544 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}. \quad (52)$$

Для сети напряжением 6 кВ с изолированной нейтралью, при общем заземлении, сопротивление заземляющего устройства определяется по формуле [34]:

$$R_{3у} = \frac{U_3}{I_3} = \frac{50}{0,43} = 116,3 \text{ Ом}, \quad (53)$$

где $U_3 = 50 \text{ В}$ – напряжение прикосновения;

I_3 – полный ток замыкания на землю, который в свою очередь, определяется как:

$$I_3 = \frac{U_H(35 \cdot L_K + L_B)}{350} = \frac{10(35 \cdot 0,43 + 0)}{350} = 0,43 \text{ А}. \quad (54)$$

где L_K и L_B – длины кабельных и воздушных линий, имеющих электрическую связь, км.

Сопротивление заземляющих устройств электроустановок с изолированной нейтралью напряжением свыше 1000 В не должно быть более 10 Ом, следовательно, принимаем $R_{3у} = 10 \text{ Ом}$.

Сопротивление ЗУ для сети с глухозаземленной нейтралью напряжением 0,4 кВ не должно превышать 4 Ом, поэтому принимаем наименьшее сопротивление общего ЗУ $R_{3у} < 4 \text{ Ом}$.

В качестве естественного заземлителя может выступать фундамент здания, с измеренным сопротивлением $R_e = 9,7 \text{ Ом}$, что больше допустимого. Следовательно, необходимо применить дополнительные искусственные заземлители, сопротивление которых определяется следующим образом [30]:

$$R_e = \frac{R_e \cdot R_{3у}}{R_e - R_{3у}} = \frac{9,7 \cdot 4}{9,7 - 4} = 6,81 \text{ Ом}. \quad (55)$$

Диаметр прутковых электродов $d = 12 \text{ мм}$, длина $L = 5 \text{ м}$. Определим сопротивление одиночного электрода с учетом сопротивления грунта:

$$R_{пр} = 0,0027 \cdot \rho = 0,0027 \cdot 0,544 \cdot 10^4 = 12,35 \text{ Ом}. \quad (56)$$

Рассчитаем необходимое количество число заземлителей:

$$n = \frac{R_{\text{пр}}}{\eta \cdot R_{\text{и}}} = \frac{12,7}{0,68 \cdot 6,81} = 2,67 = 3 \text{ шт.}$$

где η – коэффициент экранирования трубчатых заземлителей, равный 0,68.

Определим сопротивление растеканию искусственных заземлителей:

$$R_{\text{и}} = \frac{R_{\text{пр}}}{\eta \cdot n} = \frac{12,35}{0,68 \cdot 3} = 6,05 \text{ Ом.}$$

Тогда общее сопротивление заземляющих устройств составит:

$$R_{\text{з}} = \frac{R_{\text{е}} \cdot R_{\text{и}}}{R_{\text{е}} + R_{\text{и}}} = \frac{9,7 \cdot 6,23}{9,7 + 6,23} = 3,73 \text{ Ом.}$$

Расчитанное значение удовлетворяет норме.

Прутковые электроды закапываются в землю вертикально, на глубину 0,7 м., и соединяются стальной лентой между собой. Стальная лента должна иметь типоразмеры 40x4 мм и соединяется с прутками при помощи электросварки. Этой же полосой осуществляется ввод в ТП и присоединение к главной заземляющей шине (ГЗШ) в двух местах. Горизонтальная полоса не вносит сопротивление в общее заземление, потому как располагается в замерзающем слое грунта [34].

Для производства работ по измерению сопротивления заземлителя, должна быть предусмотрена возможность отсоединения заземляющего проводника. Щит заземлителя должен располагаться в удобном месте. Возможность отсоединения заземляющего проводника должна быть, только при наличии специального инструмента.

2.6 Технико-экономический расчет

2.6.1 Ремонтный цикл

Основное назначение ремонта – поддержание работоспособности, восстановления ресурса оборудования и коммуникаций в ходе проведения плановых ремонтных воздействий, а также устранение отказов и неисправностей, возникающих в процессе эксплуатации [30].

Ремонтный цикл предусматривает чередование всех видов ремонтов от

одного капитально ремонта до другого.

В работе произведем расчет численности штата электротехнического персонала, занятого на ремонте электродвигателей. Для этого определим межремонтные интервалы между соседними, текущими и капитальными ремонтами. Нормативы и трудоемкости ремонтов технологического оборудования представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Нормативы и трудоемкость ремонтов технологического оборудования

Оборудование	Ремонт			Трудоемкость чел/час	
	Вид	Периодичность (час)	Число в цикле	Одного ремонта (ч/час)	Среднегодовая (час)
Станки продольно-строгальные	T0	1608	201	35376	283008
	T	720	90	15840	63360
	K	11520	-	253440	-
Станки плоскошлифовальные	T0	1608	201	35376	283008
	T	720	90	15840	63360
	K	11520	-	253440	-
Станки токарно-револьверные	T0	1608	201	35376	283008
	T	720	90	15840	63360
	K	11520	-	253440	-
Плечи электродуговые	TO	201	35376	283008	1608
	T	90	15840	63360	720
	K	-	253440	-	11520
Станки вертикально – сверлильные	TO	201	35376	283008	1608
	T	90	15840	63360	720
	K	-	253440	-	11520
Краны мостовые	T0	1608	201	35376	353760
	T	1440	180	31680	63360
	K	5760	-	126720	-

2.6.2 Трудоемкость ремонтных работ

На промышленных предприятиях эксплуатацию электроустановок осуществляют в основном на базе системы ППР, сущность которой заключается в том, что кроме повседневного обслуживания электроустановок, через определенный промежуток времени проводятся периодические осмотры, проверки, испытания и различные виды ремонта [30].

Плановая продолжительность работы между двумя капитальными ремонтами:

Зададимся значениями табличных параметров;

цех – загруженный:

$$K_c = 0,25;$$

$$T_{\text{таб.}} = 6 \text{ лет};$$

$$t_{\text{таб.}} = 8 \text{ месяцев.}$$

$\beta_k = 1$ в цехе нет коллекторных машин;

$\beta_p = 1$ – (работа двух сменная) - коэффициент, учитывающий сменность работы машины, он определяется числом смен $K_{\text{см}}$;

$\beta'_o = \beta_o = 1,0$ для электрических машин, отнесенных к вспомогательному оборудованию, для машин основного оборудования $\beta_o = 0,85$;

$\beta'_o = 0,7$; $\beta_{\text{и}}$ - коэффициент использования, определяемый в зависимости от отношения коэффициента $K_{\text{ф.с}}$ фактического спроса к нормируемому K_c ;

$\beta_c = 1,0$ для электрических машин установленных на стационарных установках;

$\beta_c = 0,6$ - для машин передвижных электрических установок.

значения коэффициентов $\beta_{\text{и}}$ и β_p :

$$K_{\text{ф.с}}/K_c \quad 0,5 \ 0,75 \ 1,0 \ 1,1 \ 1,2 \ 1,3;$$

$$\beta_{\text{и}}, \quad 1,3 \ 1,1 \ 1,0 \ 0,9 \ 0,8 \ 0,7;$$

$$K_{\text{см}} \quad 1 \ 1,25 \ 1,5 \ 1,75 \ 2 \ 2,5 \ 3;$$

$$\beta_p \quad 2 \ 1,6 \ 1,35 \ 1,13 \ 1 \ 0,8 \ 0,67.$$

Необходимо рассчитать для основного оборудования:

$$T_{\text{пл}} = T_{\text{таб}} \cdot \beta_k \cdot \beta_p \cdot \beta_{\text{и}} \cdot \beta_o \cdot \beta_c, \quad (45)$$

где $T_{\text{пл}}$ – плановая продолжительность работы между двумя капитальными ремонтами, лет;

$T_{\text{таб}}$ – период времени между двумя плановыми ремонтами, лет;

β_k – коэффициент, учитывающий реальный характер нагрузки, $\beta_k = 1$;

β_p – коэффициент, учитывающий сменность работы машины, $\beta_p = 1$;

$\beta_{\text{и}}$ – коэффициент, использования, $\beta_{\text{и}} = 0,7$;

β_o – коэффициент, $\beta_o = 0,85$;

β_c – коэффициент, $\beta_c = 1$;

$$T_{\text{пл}} = 6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,85 \cdot 1 = 3,57 \approx 4 \text{ года.}$$

Рассчитаем плановую продолжительность между текущими ремонтами:

$$t_{\text{пл}} = t_{\text{таб}} \cdot \beta_k \cdot \beta_p \cdot \beta_{\text{и}} \cdot \beta_o' \cdot \beta_c, \quad (46)$$

где $t_{\text{пл}}$ – количество месяцев;

$t_{\text{таб}}$ – период времени между двумя текущими ремонтами

β_k – коэффициент, учитывающий реальный характер нагрузки, $\beta_k = 1$;

β_p – коэффициент, учитывающий сменность работы машины, $\beta_p = 1$;

$\beta_{\text{и}}$ – коэффициент, использования, $\beta_{\text{и}} = 0,7$;

β_o' – коэффициент, $\beta_o' = 0,7$;

β_c – коэффициент, $\beta_c = 1$;

$$t_{\text{пл}} = 8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,6 = 2,35 \approx 3 \text{ месяца.}$$

- для вспомогательного оборудования:

$$T_{\text{пл}} = 6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,85 \cdot 0,6 = 2,14 \approx 2 \text{ года.}$$

$$t_{\text{пл}} = 8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 = 5,6 \approx 6 \text{ месяцев.}$$

- для вентиляторного оборудования:

$$T_{\text{пл}} = 6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 = 4,2 \approx 4 \text{ года.}$$

$$t_{\text{пл}} = 8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 1 = 3,92 \approx 4 \text{ месяца.}$$

График ремонтов для кран-балки представлен в таблице 8.

Таблица 8 – График ремонтов для кран-балки

Оборудование	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кран - балка	T	T ₀	T	T ₀								

Первый текущий ремонт производим через 6 месяца, стартом считается 1 января 2016. Первый капитальный ремонт будем производить через 2 года, в январе 2018 года.

Определим годовую трудоемкость электрических машин

$$T_{расч} = \left(\frac{A_1}{T_{н1}} \cdot M_1 + \frac{A_1}{t_{н1}} \cdot m_1 \right) + \dots + \left(\frac{A_{13}}{T_{13}} \cdot M_{13} + \frac{A_{13}}{t_{н13}} \cdot m_{13} \right), \quad (50)$$

$$T_{расч1} = \frac{3 \cdot 3}{2,14} \cdot 20 + \frac{3 \cdot 3}{0,47} \cdot 4 = 160,71 \quad \text{час} \cdot \text{чел}, \quad (51)$$

(кран имеет три двигателя).

Остальные расчеты произведены аналогично и сведены в таблицу 9.

Таблица 9 – Годовая трудоемкость электрических машин

Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Мощность, кВт	T _{пл} тр-ть екущая	t _{пл} годовая тр-ть	Нормы трудоемкости ремонта чел/час	
					Капитальный	Текущий
Кузнечно - штамповочные автоматы	3	3	3,57	3,92/0,33	27	6
Прессы электромеханические	5	14,5	3,57	3,92/0,33	15	3
Прессы фрикционные	4	28,1	3,57	3,92/0,33	20	4
Кран - балка	1	24,2	2,14	5,6/0,47	20	4
Молоты ковочные	5	9,5	3,57	3,92/0,33	13	3
Вентиляторы	2	10,2	4,2	3,92/0,33	15	4
Прессы кривошипные	6	4,5	3,57	3,92/0,33	27	3
Насосы масляные	2	15	3,57	3,92/0,33	55	6
Наждачные станки	2	3,5	3,57	3,92/0,33	20	12
Шлифовальные станки	2	1,5	3,57	3,92/0,33	20	8
Сверлильные станки	2	7,5	3,57	3,92/0,33	27	12
					Итого	979,2ч/час

Калькуляция себестоимости основных фондов приведена в таблице 10.

В таблицах 11 – 13 приведены перечень вспомогательных материалов,

перечень приобретаемых комплектующих и расчет фонда энергетических затрат, соответственно.

Таблица 10 – Калькуляция себестоимости основных фондов

Статьи расходов	Затраты, руб.
Покупные комплектующие	64800,00
Вспомогательные материалы	197000,00
Топливо энергия	700000,00
Основная заработная плата рабочих	3989428,20
Дополнительная заработная плата	44745,67
Отчисление на социальные нужды	1056953,55
Амортизация оборудования	202851,71
РСЭО	987790,00
Цеховые расходы	6003296,34
Цеховая себестоимость	13246865,47

Таблица 11 – Перечень вспомогательных материалов

Наименование	Марка	Кол-во	Ед. измерения	Цена ед., руб	Цена общ., руб
Угловое железо	-	4	т	3000,00	12000,00
Рельсы	P-38	10	т	3500,00	35000,00
Троллейный привод	-	1000	м	150,00	150000,00
Итого	-	-	-	-	197000,00

Таблица 12 – Перечень приобретаемых комплектующих

Наименование	Марка	Кол-во	Цена ед., руб	Цена общ., руб
Масло моторное	M8Г	150 кг	16,00	2400,00
Масло индустриальное	ИГП-38	150 кг	16,00	2400,00
Электрооборудование	ТМ 320/10	2 шт	30000	60000,00
Итого				64800,00

Таблица 13 – Расчет фонда энергетических затрат

Показатели	Ед. измерения	Норма расхода	Количество на плановый объём	Цена за ед. (руб.)	Сумма затрат на плановый объём (руб.)
Электроэнергия	кВт/ч	400000	350000	2,00	700000,00
Итого	-	-	-	-	700000,00

Основная и дополнительная заработная плата рабочих и специалистов представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет фонда заработной платы рабочих и специалистов

Должность	Разряд	Списочный состав	Месячный оклад (руб.)	Премия		Доплата по районному коэффициенту (руб.)	Среднемесячная заработная плата на одного рабочего (руб.)	Общий годовой фонд заработной платы (руб.)
				%	Руб.			
Начальник цеха	6	1	40000,00	30	12000,00	7800,00	59800,00	717600,00
Гл. энергетик	6	1	45000,00	40	18000,00	9450,00	72450,00	869400,00
Гл. механик	5	1	45000,00	40	18000,00	9450,00	72450,00	869400,00
Мастер	5	1	30000,00	30	9000,00	5850,00	44850,00	538200,00
Электрик	5	3	25910,00	30	7773,00	5052,45	38735,45	116206,40
Электромонтер	3	6	21750,00	30	6525,00	4241,25	32516,25	195097,50
Итого	6	13 чел	162,660 руб		71298,00 руб	41843,70 руб	320801,7 руб	6314304 руб

Отчисления на социальные нужды составляют 26,2% от основной заработной платы рабочих + дополнительная заработная плата рабочих;

Отчисления на соц. нужды = $6314304 \cdot 26,2\% = 1654347,60$ руб.

РСЭО принять 5%-10% от стоимости основных фондов [48].

РСЭО = $19755800,00 \cdot 5\% = 987790,00$ руб.

Цеховые расходы

В статью цеховых расходов включены расходы на заработную плату

управляющего персонала + прочие расходы цеха (0,03% от стоимости основных фондов [48].

$$\text{Цеховые расходы} = 6314304 + (987790,00 \cdot 0,03\%) = 6343937,7 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость складывается из затрат на сырье и основные материалы и составляет 13246865,47 руб.

3 ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

3.1 Эксплуатация электрических и осветительных установок

Как показывает практика, ни одна осветительная установка не может надежно и эффективно функционировать без регулярного и надлежащего ухода. Снижение интенсивности светового потока и постепенное уменьшение уровня освещенности обусловлено целым рядом объективных причин, а именно:

- старение осветительных ламп;
- накопление пыли и грязи на отражающих и рассеивающих поверхностях светильников и лампах;
- постепенное ухудшение отражающих свойств поверхностей помещений и оборудования [30].

Старение осветительных ламп является неизбежным процессом. А за уровнем загрязненности светильников, поверхностей помещений и оборудования можно обеспечить надлежащий контроль, и при хорошо организованной эксплуатации, последствия загрязнения могут быть своевременно устранены.

Организация эксплуатации осветительных установок, при которой обеспечивается наиболее эффективная и надежная работа всей системы освещения, должна предусматривать следующее:

- приемку осветительных установок с проверкой их работы, после окончания монтажных работ и проведения капитальных ремонтов;
- своевременную замену устаревших и перегоревших ламп и чистку светильников;
- проведение планово-предупредительных осмотров и ремонтов светильников и электрической сети [17].

Сохранение условий освещения производственных помещений, создаваемых системой освещения в процессе эксплуатации, в значительной

степени зависит от ухода за ней, от своевременной замены источников света и содержания осветительных приборов в чистоте.

Самым простым и наиболее часто используемым способом замены источников света, является индивидуальный метод замены ламп, предусматривающий замену лампы после ее перегорания. Одним из существенных недостатков данного подхода является длительное использование ламп, потерявших свою эффективность, и как следствие, снижение общей освещенности, создаваемой осветительной установкой [17].

Наиболее важной, необходимой и в тоже время, трудоемкой работой, выполняемой в процессе эксплуатации осветительных установок, является периодическая очистка колб ламп, а также отражающих и рассеивающих поверхностей светильников от накопленной пыли и грязи. При этом, частота проведения таких работ зависит от целого ряда факторов, и в первую очередь от среды освещаемого помещения. Так, светильники, эксплуатируемые в условиях цехов металлургического производства нуждаются в более частом обслуживании, чем осветительная система учреждения здравоохранения. Таким же образом, элементы осветительной установки шлифовальной мастерской должны подвергаться более частой чистки, чем светильники, эксплуатируемые в условиях актового зала, расположенного в том же здании [17].

Количество чисток, осуществляемых в соответствии с главой II-А, СНиП «Искусственное освещение. Нормы проектирования» [7], по количеству пыли, дыма и копоти, содержащихся в воздушной среде помещений и наружных пространств, приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Количество чисток светильников

Освещаемые объекты	Кол - во чисток не менее
Производственные помещения в которых содержится пыль, дым и копоть в количестве :	
10 мг/м ³ и более	2 раза в месяц
От 5 до 10 мг/м ³	1 раз в месяц
Не более 5 мг/м ³	1 раз в 3 месяца
Вспомогательные помещения с нормальной воздушной средой и помещения общественных и жилых зданий	1 раз в 3 месяца
Площадки промышленных предприятий в которых содержится пыль, дым и копоть в количестве :	
Более 5 мг/м ³	1 раз в 3 месяца
До 0,5 мг/м ³	1 раз в 6 месяцев
Улицы, площади, дороги, территории общественных зданий жилых районов и выставок, парки, бульвары	1 раз в 6 месяцев

3.2 Приспособления для обслуживания осветительных установок

Обслуживание светильников вызывает особые трудности в процессе эксплуатации осветительных установок. Обычно светильники, устанавливаются на значительной высоте от уровня пола или земной поверхности. В связи с этим, выполнение работ по смене или чистки источников света и загрязненных частей светотехнической схемы светильников, во многом зависит от наличия специальных приспособлений или устройств, позволяющих обеспечить доступ к светильникам [30].

Для выполнения указанных работ, в зависимости от высоты подвески светильников могут быть использованы следующие приспособления:

- приставные лестницы или стремянки;
- передвижные телескопические и шарнирно-телескопические вышки;
- спускные устройства;
- подвесные и мостовые грузоподъемные краны;
- стационарные светотехнические мостики;

- автомашины, оборудованные корзинами или площадками на раздвижной телескопической или шарнирно-телескопической вышке [30].

В соответствии с ПЭУ, приставные лестницы и стремянки могут быть использованы при обслуживании осветительных установок с высотой подвески светильников, не превышающей 5м. При этом работы по обслуживанию должны проводиться не менее чем двумя лицами.

Длина лестниц и стремянок, должна обеспечивать свободный доступ к светильнику со ступеньки, отстоящей на 1м от верхнего края лестницы или стремянки. При наличии на стремянке площадки - она должна иметь ограждения высотой не менее 1м.

Телескопические и шарнирно-телескопические подъемники передвигного типа могут с успехом использоваться при обслуживании светильников наружного освещения, подвешенных на опорах освещения, специальных кронштейнах, на стенах зданий. При этом, высота подвески может достигать 6м и более от уровня земной поверхности или пола [30].

Использование телескопических подъемников передвигного типа, при обслуживании светильников, расположенных в промышленных зданиях, является малоэффективным. Это обусловлено тем, что подъемники подобного типа обеспечивают узкий фронт работ, ограниченный размерами рабочей корзины. Здесь также сказывается значительное время, затрачиваемое на подъем и опускание телескопического подъемника перед и после его ручного перемещения с одной рабочей позиции на другую.

Аналогично, как и при применении приставных лестниц и стремянок, светильники должны подвешиваться так, чтобы технологическое оборудование и выступающие части фундаментов не мешали установке подъемника [30]. Данные условия не всегда возможно обеспечить, поэтому телескопические подъемники передвигного типа нашли весьма ограниченное применение при обслуживании промышленных осветительных установок.

3.3 Планово-предупредительный осмотр, осветительной установки

С целью обеспечения надежной и эффективной работы осветительной установки, необходимо организовать постоянный контроль над ее составными частями. В период эксплуатации следует проводить предупредительные периодические осмотры, проверки и при необходимости осуществлять ремонт элементов осветительного оборудования. Сроки проведения осмотров и плановых ремонтов определяются службой электрохозяйства предприятия на основании требований правил технической эксплуатации. [30].

В процессе проведения осмотров и проверок светильников должны устанавливаться следующие факторы:

- наличие, целостность и надежность креплений рассеивателей, защитных стекол, экранирующих решеток, отражателей;
- надежность электрических соединений, состояние изоляции проводов,
- исправность ламп, стартеров, ПРА и др.

Осмотр, ремонт и проверка должны проводиться в отношении светильников, щитков группового и магистрального назначения, проводов, выключателей, переключателей, штепсельных розеток. Рекомендуемые сроки проведения планово-предупредительных осмотров и ремонтов всех перечисленных элементов осветительных систем, перечислены в таблице 16.

Таблица 16 – Рекомендуемые сроки планово-предупредительных осмотров и ремонтов

Объекты ремонта и осмотра:	Для помещений с нормальной средой и для установок наружного освещения.	Для помещений сырых, особо сырых, пыльных, с едкими парами или газами, пожаро - или взрывоопасных.
Щитки, выключатели, штепсельные розетки, осветительные приборы и др. осветительные установки.	1 раз в 4 месяца	1 раз в 2 месяца
Те же, но относящиеся к аварийному освещению, за исключением штепсельных розеток.	1 раз в 2 месяца	1 раз в месяц

В осветительных установках, организованных с использованием большого количества люминесцентных светильников, проверку с целью выявления причин повреждения, следует производить на стенде в ремонтном отделении мастерской.

Работы, связанные с осмотром, проверкой и ремонтом светильников, следует организовать в соответствии с периодичностью их чистки. Устранение обнаруженных повреждений или замену неисправных частей и деталей светильников на новые, необходимо осуществлять в процессе ремонта. Это касается только достаточно легко демонтируемых частей светильников, к числу которых можно отнести патроны, рассеиватели, защитные стекла, экранирующие решетки, стартеры, ПРА, уплотняющие прокладки и др. При невозможности замены негодной части светильника, заменене подлежит весь светильник.

Для обеспечения ремонтных работ в условия мастерских, а также непосредственно на объектах монтажа, могут применяться многочисленные механизмы, инструменты и приспособления, как общестроительного назначения, так и специализированные электромонтажные [30].

В условиях мастерских организуются технологические линии поточного типа, предназначенные для индустриальной обработки и заготовки труб, листовой и сортовой стали, шин, комплектов электропроводок, кабелей и т.д.

С целью обеспечения производства ремонтных работ непосредственно на объектах, комплектуются специализированные автомашины или автоприцепы, а также передвижные мастерские.

Все машины, механизмы и средства механизации, используемые в электромонтажном производстве, можно подразделить на пять групп:

- инструмент ручного и механизированного типа;
- приспособления и средства малой механизации;
- сварочное оборудование;
- специализированные автомашины и передвижные мастерские;
- монтажные механизмы для погрузочно-разгрузочных и ремонтных

работ.

Все перечисленное оборудование применяется в процессе производства работ по ремонту приборов освещения, расположенных на высоте, а также для монтажа и демонтажа элементов осветительной системы, при невозможности проведения ремонта на месте [30].

При ремонте осветительных систем, широко применяются ручные инструменты, предназначенные для соединения и оконцевания жил проводов и кабелей. Наиболее широко используются клещи КСИ – 1, предназначенные для снятия изоляции с концов проводов, сечение которых может составлять 0,75 - 4 мм². Перекусывание проводов также осуществляется с помощью указанного инструмента.

Клещи КСИ – 1 состоят из трех, взаимно связанных шарнирно частей:

- рычага для зажатия провода;
- рычага с ножами для надреза изоляции;
- рычага с ползунком - эксцентриком, перемещающим прижим и фасонный нож в губках клещей.

Клещи КУ (клещи универсальные), по своему внешнему виду, напоминающие обычные плоскогубцы, могут использоваться при проведении шести монтажных операций, а именно:

- перекусывание проводов;
- зачистка жил;
- вырезание перемычки;
- снятие изоляции;
- изготовление колечек;
- зажим провода.

При проведении ремонтных работ, в достаточно большом количестве случаев, необходимым инструментом являются электросверлильные машины различного вида. В зависимости от максимального диаметра применяемого сверла, электросверлильные машины бывают трех исполнений:

- пистолетного типа, предназначенные для сверления отверстий

малого диаметра (до 8 - 10 мм);

- с одной верхней закрытой рукояткой, предназначенные для сверления отверстий диаметром до 15 мм;

- с двумя боковыми рукоятками и грудным или винтовым упором, предназначенные для сверления отверстий диаметром более 15 мм [30].

Ремонт осветительной установки подразделяется на сложный и мелкий. Мелкий ремонт предусматривает замену стеклянной колбы, стартера, дросселя, изоляции провода, расположенного внутри корпуса лампы на небольшой высоте (3 метра). Ремонт лампы производится с помощью стремянки или при помощи складной лестницы двумя лицами, при этом, один из работающих осуществляет страховку и подает инструмент.

Сложный ремонт предусматривает проведение работ на значительной высоте. При этом, светильник демонтируется и его ремонт осуществляется в условиях мастерской, а после проведения ремонта, осуществляется монтаж светильника на исходное место.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе спроектирован вариант электроснабжения цеха подвижного состава, входящего в состав механического завода.

В ходе работы была дана характеристика электроприемников цеха, произведен расчет схемы электроснабжения. Расчет проведен для силовой и осветительной сетей. Также рассчитаны значения электрических нагрузок, произведен выбор трансформаторов, и расчет токов короткого замыкания. Проведена проверка выбранных защитных устройств и токоведущих частей по токам короткого замыкания.

Выбрано высоковольтное оборудование и рассчитано искусственное заземление.

Произведен технико-экономический расчет затрат на обслуживание электрооборудования цеха.

Все параметры системы электроснабжения, полученные в процессе расчета, полностью удовлетворяют нормированным требованиям.

На основании сказанного выше, можно сделать вывод, что спроектированная система электроснабжения может считаться пригодной для практического применения на промышленном предприятии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 14209-85. Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки. – М.: Госкомитет по стандартам, 2007. – 30с.
2. ГОСТ 27514-87. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ. – М.: Госкомитет по стандартам, 2008. – 40с.
3. ГОСТ Р 50270-92. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. – М.: Госстандарт России, 2013. – 60с.
4. Правила устройства электроустановок. Шестое издание, с изменениями, исправлениями и дополнениями, принятыми Главгосэнергонадзором РФ в период с 01.01.92. по 01.12.99. – СПб.: ООО «Издательство ДЕАН», 2009. – 925с.
5. Рекомендации по проектированию и эксплуатации систем электроснабжения новых, расширяемых и реконструируемых нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий. Под редакцией В.И. Старостина. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 140с.
6. Руководящий технический материал. Указания по расчету электрических нагрузок. РТМ 36.18.32.4-92. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2002. – 26с.
7. СНИП IV-16-84. Искусственное освещение. Нормы проектирования. – М.: Госкомитет по стандартам, 2004. – 60с.
8. Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 2009. – 50с.
9. Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию. – Р-н-д.: Феникс, 2014. – 480с.
10. Аракелов В.Е. Комплексная оптимизация энергоустановок промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 2004. – 326с.

11. Боровиков В.А. Электрические сети энергетических систем. – СПб.: Энергия, 2007. – 350с.
12. Блок В.М. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей вузов. – Арх.: АГТУ, 2010. – 383с.
13. Волков В. М. Электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. – Арх.: АГТУ, 2005. – 44 с.
14. Грунин В.К. Расчет электрических нагрузок, выбор главных схем и оборудования промышленных предприятий: Учеб. пособие. – Омск: ОмГТУ, 2001. – 104с.
15. Диев С.Г., Киржбаум А.Я. Методические указания для выполнения курсового проекта по электроснабжению промышленных предприятий. – Омск: ОмГТУ, 2014 г.
16. Ершевич В.В. Справочник по проектированию электроэнергетических систем. – М.: Энерго-атомиздат, 2005. – 352с.
17. Епанешников М.М. Электрическое освещение. – М.: Энергия, 2013. - 352с.
18. Князевский Б. А. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Высшая школа, 2006. – 400 с.
19. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. – М.: Мастерство, 2001. – 310 с.
20. Кноринг Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения. – СПб.: Энергия, 2012. – 410 с.
21. Любушин Н.П. Анализ финансово-экономической деятельности предприятия. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009. – 471с.
22. 22 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок – М.: Высшая школа, 2010. – 311с.
23. Мельников, Н.А. Электрические сети и системы. М.: Энергия, 2005. – 455 с.

24. Неклепаев Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций». Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. – М.: Энергоатомиздат, 2009. – 608 с.
25. Орлова И.Н. Электротехнический справочник: Производство и распределение электрической энергии. – М.: Энергоатомиздат, 2008. – 418 с.
26. Промышленный каталог электротехнической продукции «Информэлектро». – М.: Энергоатомиздат, 2016. – 120 с.
27. Павлович С.Н., Фираго Б.Н., Ремонт и обслуживание электрооборудования. – Р-н-Д.: Феникс, 2002. – 22 с.
28. Поликарпов Е.А. Оптимизация систем промышленного электроснабжения. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 52 с.
29. Рожкова Л. Д. Электрооборудование станций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 2008. – 415 с.
30. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. – М.: ПрофОбрИздат, 2012. – 370 с.
31. Сергеев А.А. Экономические основы бизнес планирования: Учеб. пособие для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009. – 303с.
32. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под редакцией Г.М. Кнорринга. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 384с.
33. Справочная книга по светотехнике / Под редакцией Ю.Б. Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 472с.
34. Справочник по проектированию электроснабжения / Под редакцией Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 2011. – 576с.
35. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: Т.1. Электроснабжение / Под редакцией А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 568с.
36. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: Т.2. Электрооборудование / Под редакцией А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 592с.

37. Справочник по проектированию электроснабжения. Под редакцией Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 2010 г. – 495с.
38. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Электрооборудование и автоматизация. Под редакцией А.А.Федорова и Г.В.Сербиновского. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 515с.
39. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети. Под редакцией А.А.Федорова и Г.В.Сербиновского. – М.: Энергия, 2011. – 412с.
40. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. В 2-х томах. Под редакцией А. А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 322с.
41. Справочник по проектированию электрических сетей/ Под редакцией Д.Л. Файбисовича. – М.: ЭНАС, 2009. – 392с.
42. Справочник по проектированию электрических сетей / Под редакцией Д.Л. Файбисовича. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005. – 425с.
43. Федоров А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 2014. – 472с.
44. Федоров А.А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 368с.
45. Фотиев М.М. Электрооборудование предприятий черной металлургии. – М.: Металлургия, 2010. – 545с.
46. Шведов Г.В. Проектирование электрических сетей 6 (35) кВ: Учебник для вузов. – М.:ЭНАС, 2009. – 270с.
47. Шеховцов В.А. Расчет и проектирование схем электроснабжения. – М.: Форум, 2003. – 365с.
48. Экономика предприятия / Под редакцией О.И. Волкова. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 520с.
49. Электрические системы, т.2. Электрические сети / Под редакцией В.А. Веникова. - М.: Высшая школа, 2001. – 440с.

50. Электрические системы. Математические задачи электроэнергетики
/ Под редакцией В.А. Веникова. Т-1. – М.: Высшая школа, 2011. – 334с.