

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки/ специальности)

Электроснабжение
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Реконструкция системы освещения складского комплекса ООО «Новик Актив»

Обучающийся

А.В. Дергунов
(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.А. Андреев
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Произведен анализ реконструкции сети освещения складского комплекса ООО «Новик Актив».

Показаны недостатки существующего электроснабжения сети освещения. Выполнен анализ применения новой сети освещения. Выполнено технико-экономическое обоснование реконструкции электроснабжения сети.

Разработаны структурная, функциональная, электрическая принципиальная схемы электроосвещения. Произведен расчет экономических параметров производства, проанализированы достоинства и недостатки известных технологий внутреннего освещения.

Целью работы является реконструкция системы освещения складского комплекса ООО «Новик Актив».

Данная выпускная квалификационная работа бакалавра выполнена на 41 странице, содержащей 10 рисунков и 8 таблиц. Графическая составляющая выпускной квалификационной работы состоит из 6 стандартных листов формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Характеристика объекта.....	5
2 Разработка электроосвещения склада.....	8
2.1 Выбор схемы освещения.....	8
2.2 Расчет рабочего освещения.....	13
2.3 Расчет аварийного освещения.....	17
2.4 Выбор кабелей.....	21
2.5 Выбор аппаратов защиты.....	25
3 Разработка инструкции по монтажу электрощита.....	28
3.1 Общее положение.....	28
3.2 Сборка щита.....	29
3.3 Пусконаладочные работы и эксплуатация электрощита.....	36
Заключение.....	38
Список используемой литературы	40

Введение

Искусственное освещение на предприятиях имеет свои нормы освещенности, которые должны удовлетворять условиям работы персонала на производствах и складах [2,12].

За последнее время появились различные типы ламп. Лампы бывают газоразрядные, металлогалогенные, накаливания, люминесцентные, светодиодные. Металлогалогенные и газоразрядные лампы имеют большую мощность и длительное время включения. Более того они создают мерцание, которое провоцирует излишнюю усталость глаз [1].

Все большую популярность набирают светодиодные светильники, как в домашних условиях, так и в офисных и производственно-складских помещениях.

В отличие от других типов ламп, светодиодные лампы обладают повышенной энергоэффективностью и не требуют пусковых токов. Также у них хорошая освещенность в различных цветовых температурах и отличный световой поток.

С каждым годом ученые пытаются совершенствовать светодиодное оборудование для улучшения качества работы человека в повседневной жизни. Поэтому у светодиодных светильников большой срок эксплуатации, что делает их экономичными и надежными.

Объектом исследования является складской комплекс ООО «Новик Актив».

Предмет исследования: система электрического освещения складского комплекса ООО «Новик Актив».

Главными задачами работы являются:

- разработка схемы электроснабжения освещения;
- расчет силовой питающей сети;
- разработка инструкций по монтажу электрощита;
- производство вычисления рабочего освещения.

1 Характеристика объекта

Для бесперебойной работы и благоприятных условий эксплуатации, в собственность предприятия входит распределительная подстанция РП-10кВ, которая включает в себя:

- два силовых кабеля 10кВ, проложенных от трансформаторной подстанции 110/10кВ «Молокозаводская» (ПС-048) до распределительной подстанции РП-10кВ (г. Калининград, ул. Печатная,56);

- распределительный пункт РП 10кВ площадью 89,1 квадратных метров, включающий оборудование, соответствующее проектной документации № 88-07-03 «Южная часть Юго-Западной промзоны Балтийского района»;

- трансформаторную подстанцию (ТП) с двумя трансформаторами мощностью по 630кВА каждый;

- оборудование ТП, в соответствии с проектной документацией.

Согласно выданным техническим условиям, разрешенная мощность РП-10кВ составляет 3512 кВт. Максимально допустимая мощность объекта составляет 6800 кВт.

Данный распределительный пункт находится в общей долевой собственности (7 собственников). Доля ООО «Новик Актив» составляет 16,18% с мощностью 700кВт и дополнительной резервной мощностью 655 кВт.

Предприятие ООО «Новик Актив» создано вследствие переименования ООО «Балтийская мраморная компания» (ООО «БАМКО»).

С 11 марта 2021 года учредителями стали ООО «Новик Логистик» (99%) и физическое лицо Ошарский Сергей Иванович (1%), началась модернизация предприятия.

С 30 июня 2021 года в результате договора купли-продажи единственным учредителем предприятия стал ООО «Априка Стайл» (100%), уставной капитал составил 12 800 000 рублей. ООО «Новик Актив» (ранее ООО «БАМКО») является малым предприятием, численность работающих на 01.01.2022 г. составляет 30 человек.

Основным направлением финансово-хозяйственной деятельности за 2021 год была сдача в аренду производственно-складских помещений, недвижимого имущества. Код ОКВЭД 68.20.2.

В период с апреля по декабрь 2021 года появился новый вид деятельности на предприятии - это ответственное хранение товаров.

Под этот вид деятельности закупалось новое стеллажное оборудование, арендовались погрузочно-разгрузочная техника, контейнеры.

Объект: база по ул. Печатной, 56, цех №3, литер «Ж», корпус № площадью 6272,3 м².

Объект: база по ул. Печатной, 56, цех №4, литер «И», корпус № площадью 6713,4 м².

Объект: база по ул. Печатной, 56, цех №5, литер «З», корпус №16 площадью 1941,5 м².

Основными видами услуг, планируемыми в рамках данного проекта, являются услуги ответственного хранения товаров широкого профиля и сухих продуктов питания.

В ходе инвестиционного проекта планируется построить 2 новых склада с морозильными камерами площадями 3650 м² и 8200 м², административно – бытовой корпус площадью 750 м² в 2 этажа, газовую котельную.

Также на территории комплекса будут созданы открытые площадки для погрузки/выгрузки грузов.

Для обеспечения поставленных производственных задач, на складах полностью меняется система обеспечения пожарной безопасности: пожарная сигнализация, пожарный водопровод. Для эффективного функционирования объектов установлена охранная сигнализация, вентиляционная и отопительная система, устанавливаются тепловые завесы, заменяются теплые агрегаты на более современные, изменяется планировка складов. Также модернизируются вспомогательные сооружения, установлена резервная насосная станция, внутри складов. Принципиально меняется схема внутреннего освещения. На цели реконструкции подводятся силовые кабели усиленной мощности, про-

изводится замена светильного оборудования на более эффективное и энерго-сберегающее. Помимо этого производятся регламентные работы на оборудовании трансформаторной подстанции, необходимые для его надежной работы. Проведена диагностика секционных ворот с их ремонтом и приведением в рабочее состояние.

Вывод по разделу 1. В первом разделе приведена краткая информация о специфике работы предприятия и необходимости реконструкции системы электрического освещения. Описывается трансформаторная подстанция, обеспечивающая электроснабжение объекта и параметры её мощности по техническим условиям. Представляется информация о территории объекта, о типах помещений и их основных характеристиках. Вкратце описаны, какие коммуникации проведены на данной территории.

2 Разработка электроосвещения склада

2.1 Выбор схемы освещения

В дополнение к естественному освещению в промышленных, вспомогательных и других областях используется и искусственное освещение [1].

Искусственное освещение – это рабочее и аварийное освещение. Рабочая зона должна находиться на всех объектах и на территории комплекса. Аварийное освещение используется в случае аварии, при отключении рабочего освещения [1].

Рабочее освещение складов, как правило, осуществляется в виде общего освещения с равной симметрией распределения светильников под потолком. Для усиления освещения на рабочем месте проводится комбинированное освещение, то есть помимо общего освещения на рабочем месте устанавливается местное освещение [1].

В помещениях с высокой влажностью и большими массами металла используется напряжение 12 В [2].

Осветительная сеть энергоснабжения предусматривает использование установки электрического освещения. В установках электрического освещения входят различные виды ламп:

- лампы накаливания;
- ртутные лампы высокого давления;
- люминесцентные лампы;
- светодиодные лампы.

Установки электрического освещения работают в сетях следующих напряжений:

- в системе электроснабжения 380/220В переменного тока с заземленной нейтралью;
- в системе электроснабжения 220В переменного тока с изолированной нейтралью.

Установки электрического освещения обычно работают при напряжении 220 В переменного тока. Осветительные установки с лампами высокого давления работают в системе электроснабжения при напряжении 380/220 В переменного тока, а также при напряжении 660/380 В [1].

Для них предусмотрены следующие условия:

- осветительная установка с изолированным проводником при напряжении не менее 660 В;
- запрещен ввод в лампу разных фаз системы 660/380 В.

Осветительную сеть энергоснабжения обычно не соединяют с силовой энергосетью. Решение по совместному подключению данных нагрузок может быть оправдано в тех случаях, когда силовая нагрузка на промышленных предприятиях не может дать определенную мощность осветительной установке и если потребление происходит на одной и той же фазе на осветительную и силовую сеть одновременно [2-4].

Если потребители запитаны в системе электроснабжения 660/380 В переменного тока с заземленной нейтралью, к этой же сети можно добавить осветительные установки напряжением 380 В. Питание других осветительных установок осуществляется от промежуточных трансформаторов сетью 660/380 В или трансформаторов напряжением 10/0,4кВ [2-4].

Когда решается проблема питания аварийного освещения при выключении основного освещения необходимо учитывать требования строительных норм и правил, а также правила устройств электроустановок (ПУЭ) [18,21]. Согласно ПУЭ [18] на предприятии необходимо наличие аварийного освещения, а также эвакуационного освещения, которое следует подсоединять к независимому источнику питания. При этом оно должно срабатывать автоматически, когда основное освещение отключилось от сети. Вариант выполнения данной схемы представлен на рисунке 1 [18,21].

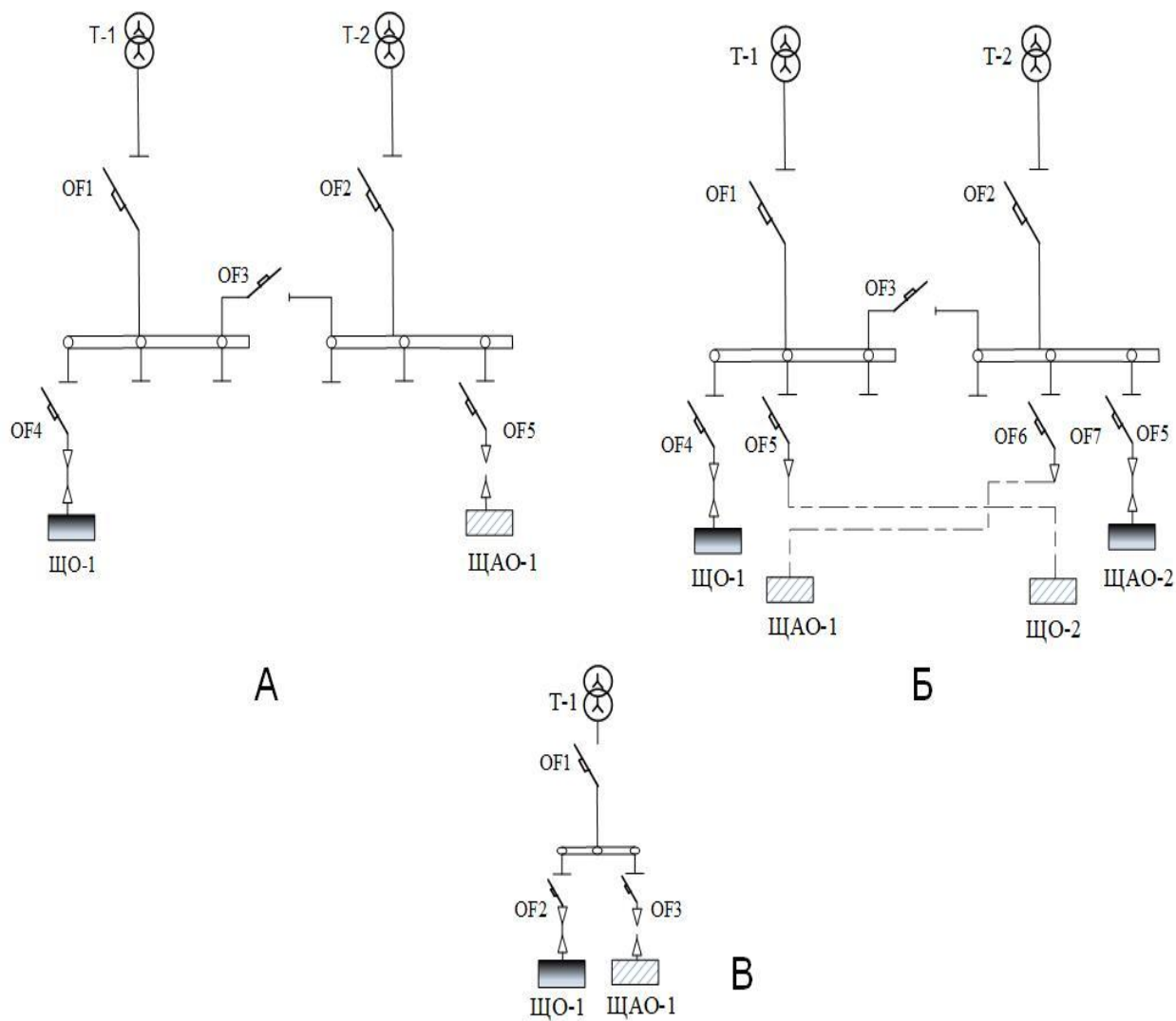


Рисунок 1 - Вариант рабочего и аварийного освещения:
 А, В – один электрический щит;
 Б – два электрических щита

Сеть освещения, которая включает в себя несколько источников питания, показана на рисунке 2.

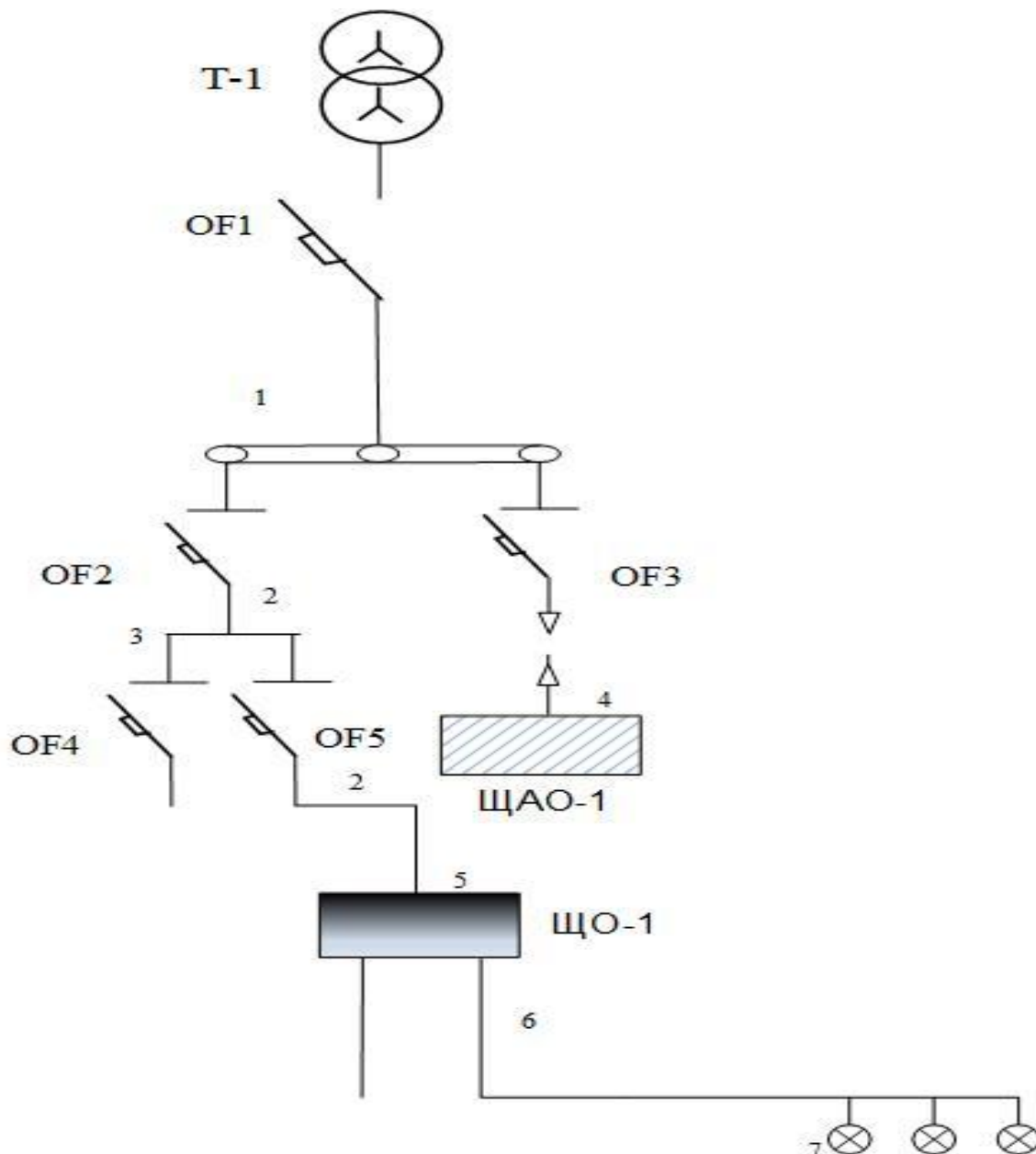


Рисунок 2 - Схема осветительной сети:

- 1–распределительное устройство трансформаторной подстанции;
 2- основная сеть; 3–распределительный щит; 4–щит аварийного освещения;
 5–щит рабочего освещения; 6–сеть осветительных установок;
 7–источник света (лампы)

Осветительная сеть разделяется на основную и распределительную.

В сеть питания идет линия от распределительного устройства трансформаторной подстанций или от точки питания с других устройств до распределительных щитов. Далее сеть прокладывается от распределительного щита до щита освещения.

На каждой линии устанавливаются устройства защиты. В начале распределительной линии должно стоять устройство защиты.

Основные щиты электроосвещения запитываются от подстанции линии, которая может выдержать высокие нагрузки по току, а электроэнергия распределяется от подключенных к ней распределительных электрических щитов. Большое количество электрических щитов усложняют схему, но при этом делают схему структурнее, что упрощает эксплуатацию осветительной сети [11].

Распределительные щиты с установленными в них устройствами защиты предназначаются для защиты оборудования и для управления питанием осветительных установок [1].

При монтаже распределительных электрических щитов в помещениях руководствуются нормами и положениями. Уменьшая длину распределительной сети и кабельный расход, распределительные щиты помещают в центр нагрузки, чтобы обслуживание электрических щитов было доступно для электротехнического и административно-технического персонала.

Питающие сети имеют разнообразные схемы подключения. Используются радиальные и магистральные схемы питания. Различие в этих схемах, для нужд электроосвещения, в основном заключается в компоновке оборудования.

Система электрического освещения обязательно включает в себя линии распределительной сети, рассчитанные по максимальному току устройств и количеству источников света [18]. При этом на каждую фазу распределительной линии подключаются максимум двадцать ламп накаливания, четыре ртутные лампы высокого давления или не более шестидесяти люминесцентных ламп. Распределительные линии могут выполняться с однофазной, двухфазной или трехфазной сетью. Распределение фаз позволяет уменьшить колебания светового потока. При построении распределительных сетей для трехфазных систем электроснабжения применяются следующие схемы, показанные на рисунке 3.

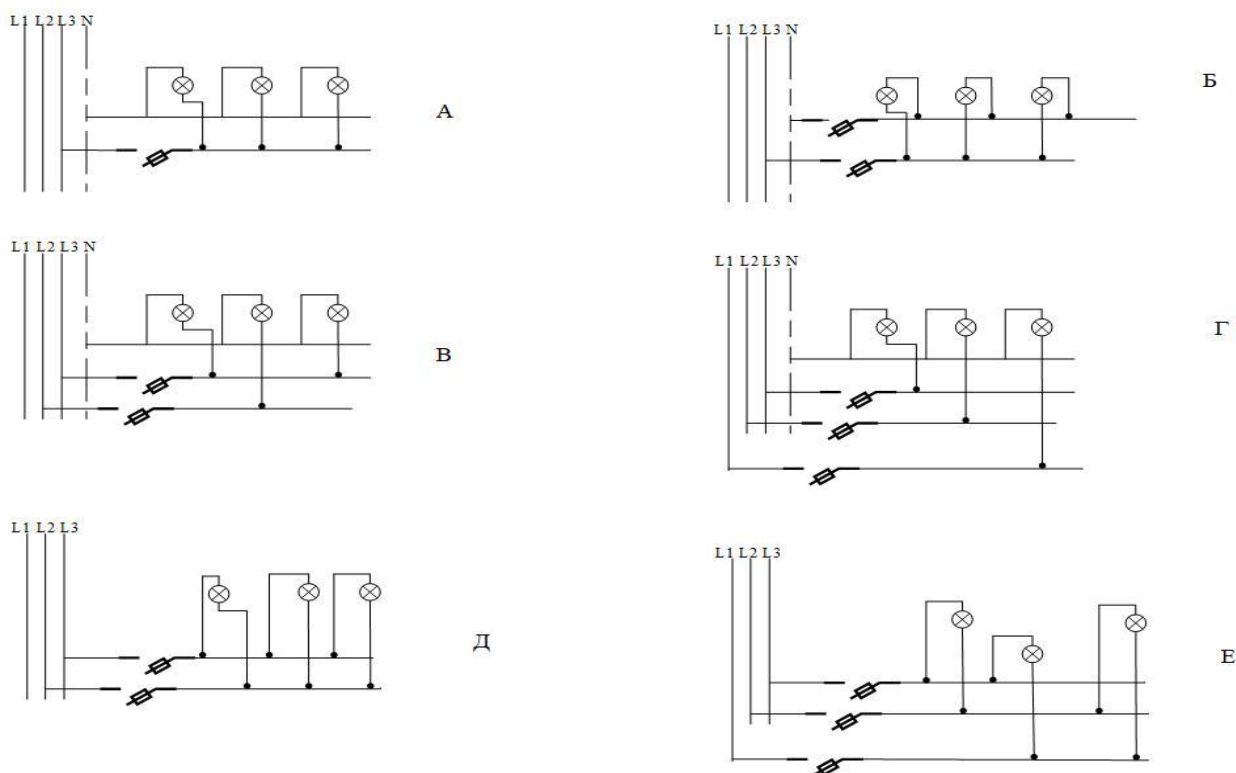


Рисунок 3 - Схемы распределительных сетей освещения:

А, Б—однофазная с нулевым проводником (L1 ,N); В—двухфазная с нулевым проводником (L1,L2,N);Г—трехфазная с нулевым проводником (L1,L2,L3,N); Д—две фазы без нулевого проводника (380В L1,L2); Е—трехфазная без нулевого проводника (380В L1,L2,L3)

При этом для питания рабочего и аварийного освещения используется дополнительное питание от трансформаторной подстанции.

Для питания распределительных сетей освещения будет использоваться однофазная схема с нулевым проводником, которая распределит осветительные группы на складе.

2.2 Расчет рабочего освещения

Расчет выполняется методом коэффициента использования [21].

Он рассчитывается для равномерного освещения на горизонтальных рабочих поверхностях. Световой поток ламп Φ для каждого светильника определенной освещенности E_n , определяется формуле (1):

$$\Phi_p = \frac{E_n \cdot K_z \cdot F \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (1)$$

где K_z – коэффициент запаса;

F – площадь освещаемой поверхности, m^2 ;

Z – коэффициент минимальной освещенности;

N – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент запаса светодиодных ламп принимается равным 1,1. Коэффициент минимальной освещенности 1,1, в соответствии со СНиП [21]. Для определения коэффициента использования светового потока, необходимо определить величину индекса помещения:

$$i = \frac{a \cdot b}{h(a+b)}, \quad (2)$$

где a – длина складского помещения;

b – ширина складского помещения;

h – высота складского помещения (высота подвеса светильника).

Поэтому в расчете освещения методом коэффициента использования и используется индекс помещения, численное значение которого определяется по формуле (2):

$$i = \frac{54 \cdot 36}{12(54+36)} = 1,68.$$

Чтобы вычислить этот коэффициент, потребуется искомый индекс и коэффициенты отражения поверхностей.

В таблице 1 приведены значения индекса помещения, а также коэффициентов отражения от различных поверхностей [22].

Таблица 1- Таблица индекса помещения по коэффициентам отражения от различных поверхностей

Потолок		0,8	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5
Стены		0,5	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3
Пол		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1
Индекс помещения	0,60	0,33	0,32	0,25	0,3	0,24	0,24
	0,80	0,41	0,39	0,32	0,36	0,3	0,29
	1,00	0,47	0,45	0,38	0,42	0,35	0,34
	1,25	0,53	0,51	0,44	0,47	0,41	0,39
	1,50	0,58	0,55	0,48	0,51	0,45	0,43
	2,00	0,65	0,62	0,56	0,57	0,52	0,49
	2,50	0,7	0,67	0,61	0,61	0,56	0,53
	3,00	0,64	0,71	0,65	0,64	0,6	0,56
	4,00	0,79	0,75	0,7	0,68	0,64	0,6
	5,00	0,83	0,78	0,74	0,71	0,68	0,62

Исходя из приведенных табличных значений, световой поток ламп определяется по (1):

$$\Phi_p = \frac{150 \cdot 1,1 \cdot 1944 \cdot 1,1}{55 \cdot 0,65} = 9869 \text{ Лм,}$$

где K_z – коэффициент запаса = 1,1;

F – площадь освещаемой поверхности, $m^2 = 1944 m^2$;

Z – коэффициент минимальной освещенности = 1,1;

N – число светильников = 55 шт.;

η – коэффициент использования светового потока = 0,65.

Основные нормы освещенности на складе определены исходя их СП 52.13330.2016 [21].

Освещение складов со стеллажным хранением имеет норму в 200 Лк – для транспортно-распределительных систем. Было выбрано 150 Лк для освещенности склада.

Исходя из значения светового потока, принимаются светильник марки Feron AL1004 IP65 100W 120° 6400K. Номинальная мощность данных светильников $P_n = 100\text{Вт}$, световой поток $\Phi_n = 11000\text{ Лм}$.

Согласно ГОСТ отношение номинального светового потока к расчетному потоку не должно превышать 20% и быть менее 10%. Данное сравнение выражается по формуле (3):

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_n - \Phi_p}{\Phi_n} \times 100\% \quad (3)$$

$$\Delta\Phi = \frac{11000 - 9869}{11000} \times 100\% = 10,28\%$$

Все расчеты рабочего освещения сводятся в таблицу 2, а его технические характеристики в таблицу 3.

Таблица 2 - Расчет рабочего освещения

Помещение	Ен, Лк	Габаритные размеры				i	N	η	Фр, Лм	$\Delta\Phi, \%$
		a, m	b, m	h, m	F, m ²					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Склад Литер А2(1 часть)	150	54	36	12	1944	1,68	55	0,65	9869	10,28
Аккумуляторная Литер А2 (1 часть)	100	18,30	6	5,5	109,8	0,82	3	0,41	10801	1,8

Таблица 3 - Технические характеристики осветительных приборов рабочего освещения

Помещение	Марка светильника	Марка лампы	Фн, Лм	Рн, Вт	ΣP , кВт
1	2	3	4	5	6
Склад Литер А2(1 часть)	Feron AL1004 IP65 100W 120° 6400K 11000Лм	LED	11000	100	5,5
Аккумуляторная Литер А2 (1 часть)	Feron AL1004 IP65 100W 120° 6400K 11000Лм	LED	11000	100	0,3

2.3 Расчет аварийного освещения

Аварийное освещение – это освещение, которое срабатывает, когда основная питающая сеть освещения отключается и действует для эвакуации людей при возникновении аварийных ситуаций в помещениях, где не исключены несчастные случаи. Аварийное освещение используется на объектах, где недопустим перерыв электроснабжения на долгое время [1].

Аварийное освещение подразделяется как эвакуационное и резервное.

Освещение эвакуации устанавливается:

- в местах эвакуации;
- в зонах повышенной опасности;
- в помещениях с большой площадью.

Эвакуационное освещение – это освещение, которое создает условия для эвакуации людей или завершения работ.

Резервное освещение — это освещение, которое может обеспечить возможность работы в обычном режиме или безопасно прекратить работы.

Освещение производственных зон с повышенной опасностью – это аварийное освещение, обеспечивающее условия безопасности на потенци-

ально опасных участках предприятия и для продолжения нормальной работы технологического процесса.

Резервное и эвакуационное освещение отличаются друг от друга. Эвакуационное освещение обозначается знаком «выход» и контролируется органом противопожарного надзора. Как описывается в нормативных документах, аварийное освещение устанавливается на любых общественных или производственных объектах: включая торговые комплексы или бизнес - центры. Однако на практике иногда бывает совсем по-другому.

Для обеспечения соответствия аварийного освещения эвакуационные маршруты должны быть обозначены знаками «выход» в сторону выхода помещений. Горизонтальное освещение путей эвакуации шириной до 2 метров вдоль средней линии коридора на полу должно быть не менее 1 Лк. При ширине полосы менее 50% от ширины прохода, освещенность должна быть не менее 0,5 Лк [21]. Если много широких переходов, то они рассматриваются как сумма двухметровых полос. Для них существуют нормы освещения больших площадей. Согласно данным нормам минимальное соотношение света должно быть не менее 1:40.

Работа эвакуационного освещения должна продолжаться минимум шестьдесят минут. Помещения повышенной опасности предусматриваются с безопасным завершением опасного процесса или ситуации. Минимальная освещенность эвакуационного освещения в зонах повышенной опасности должна составлять 10% от нормализованной площади общего рабочего освещения, но не менее 15 люкс [2]. Равномерность должна быть хотя бы 1:10.

Минимальная освещенность для аварийного резервного освещения составляет 30% от нормализованного рабочего освещения. Было выбрано значение 150 Лк для освещенности рабочего освещения склада литер «А2» (1 часть) и 100 Лк для аккумуляторного помещения склада литер «А2» (1 часть) следовательно, 30% аварийного освещения от рабочего. Таким образом минимальная освещенность литер «А2» (1 часть) равна 45 Лк, а аккумуляторного помещения литер «А2» (1 часть) составила 30 Лк.

Величина индекса помещения склада литер «А2» (1 часть) определяется по формуле (2):

$$i = \frac{54 \cdot 36}{3(54+36)} = 7,2,$$

где a - длина складского помещения 54 метра;

b - ширина складского помещения 36 метров;

h - высота подвеса светильника при аварийном освещении на уровне 3 метров.

После определения величины индекса помещения вычисляется коэффициент использования светового потока по таблице 1.

Коэффициент светового потока склада литер «А2» (1 часть) равен 0,83. Величина индекса помещения аккумуляторной литер «А2» (1 часть) определяется по формуле (2):

$$i = \frac{18,3 \cdot 6}{3(18,3+6)} = 1,5,$$

где a - длина помещения 18,3 метра;

b - ширина помещения 6 метров;

h - высота подвеса светильника при аварийном освещении на уровне 3 метров.

Световой поток ламп аварийного освещения для литер «А2» (1 часть) определяется формуле (1):

$$\Phi_p = \frac{45 \cdot 1,1 \cdot 1944 \cdot 1,1}{25 \cdot 0,83} = 5101 \text{ Лм.}$$

По полученному значению светового потока выбран светильник марки «Арктик» (ЛСП 2×36), с номинальной мощностью 40 Вт и световым потоком 4500 Лм.

Сравнение выражается по формуле (3):

$$\Delta\Phi = \frac{5101-4500}{5101} \times 100\% = 11,7\%.$$

Световой поток аккумуляторной литер «А2» (1часть) определяется по формуле (1):

$$\Phi_p = \frac{30 \cdot 1,1 \cdot 109,8 \cdot 1,1}{2 \cdot 0,41} = 4859 \text{ Лм.}$$

Сравнение выражается по формуле (3):

$$\Delta\Phi = \frac{4859-4500}{4859} \times 100\% = 7,38\%.$$

Все расчеты аварийного эвакуационного освещения сводятся в таблицу 4, а его технические характеристики осветительных приборов аварийного освещения в таблицу 5.

Таблица 4 - Расчет аварийного освещения

Помещение	Ен, Лк	Габаритные размеры				i	N	η	Фр, Лм	ΔФ, %
		a, m	b, m	h, m	F, m ²					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Склад Литер «А2» (1 часть)	45	54	36	3	1944	7,2	25	0,83	5101	11,7
Аккумуляторная Литер «А2»	30	18,30	6	3	109,8	0,82	2	0,58	4859	7,38

Таблица 5 - Технические характеристики осветительных приборов аварийного освещения

Помещение	Марка светильника	Марка лампы	Фн, Лм	Рн, Вт	∑Р, кВт
1	2	3	4	5	6
Склад Литер «А2» (1 часть)	Diolum-PR-IP65-БАП2-2181N	LED	4500	40	1
Аккумуляторная Литер «А2» (1 часть)	Diolum-PR-IP65-БАП2-2181N	LED	4500	40	0,08

2.4 Выбор кабелей

Расчетный ток I_p , нагрузки определяется по формулам (4) или (5):

- для трехфазной системы электроснабжения [5-7]:

$$I_p = \frac{P}{U \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi} \quad (4)$$

- для однофазной системы электроснабжения:

$$I_p = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}, \quad (5)$$

где P - расчетная максимальная нагрузка, Вт;

U - номинальное напряжение сети, В;

$\cos \varphi$ - коэффициент мощности.

Расчетный ток для светильника складского помещения - литер «А2» определяется по формуле (5):

$$I_p = \frac{100}{220 \cdot 0,92} = 0,49 \text{ А.}$$

Для всех осветительных установок выбирается сечение проводника по условию:

$$I_{д.к.} \geq I_p$$

Для светильников данного помещения выбран кабель марки ВВГнг-LS(3x1,5) с сечением $S=1,5 \text{ мм}^2$, $I_{д.к.} = 19 \text{ А}$.

$$19 \text{ А} \geq 0,49 \text{ А}$$

Условие выполняется, следовательно, провод выбран правильно. Электрический кабель, выбранный по току нагрузки и рассчитанный по минимальной температуре нагрева, проверяются на потерю напряжения по формуле (6) [5-7].

$$\Delta U = \left(\frac{10^5}{U_{\text{НОМ}}^2} \right) \cdot P_{\text{НОМ}} \cdot l \cdot (r_0 + x_0 \cdot \text{tg } \varphi), \quad (6)$$

где $U_{\text{НОМ}}$ - номинальное напряжение сети, В;

$P_{\text{НОМ}}$ - номинальная мощность электроприемника, кВт;

l - длина питающей линии, км;

r_0 - активное сопротивление проводника, мОм/м;

x_0 - индуктивное сопротивление проводника, мОм/м.

Соответствующие расчеты с учетом номинальной мощности, коэффициента мощности и длины проводника производятся аналогично и для других помещений. Выбранные кабели и рассчитанные потери напряжения в них сведены в таблицу 6.

Таблица 6 - Выбор кабелей

Помещение	P_n , кВт	I_p , А	$\cos \varphi$	Марка кабеля	$I_{д.к.}$, А	$\operatorname{tg} \varphi$	l , м	$\Delta U, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Склад Литер «А2» (1 часть) Центральный пролет+ левая сторона	2,6	12,84	0,92	ВВГнг-LS(3X1,5)	19	0,43	254	1,82
Склад Литер «А2» (1 часть) Правая сторона	2,7	13,33	0,92	ВВГнг-LS(3X1,5)	19	0,43	158	1,18
Аккумуляторная Литер «А2» (1 часть)	0,3	1,48	0,92	ВВГнг-LS(3X1,5)	19	0,43	50	0,41
Аварийное освещение Склад Литер «А2» (1 часть) + Аккумуляторная	1,08	5,33	0,92	ВВГнг-LS(3X1,5)	19	0,43	280	0,8
ЩО-2 Литер «А2» (1 часть)	5,6	9,25	0,92	ВВГнг-LS(5X2,5)	25	0,43	10	0,93

Расчетный ток для склада - литер «А2» (1 часть), центральный пролет и левая сторона, рассчитывается по формуле (5):

$$I_p = \frac{2600}{220 \cdot 0,92} = 12,84 \text{ А.}$$

Аналогично производится расчет для других помещений. Склад - литер «А2» (1 часть), правая сторона:

$$I_p = \frac{2700}{220 \cdot 0,92} = 13,33 \text{ А.}$$

Аккумуляторная - литер «А2» (1 часть):

$$I_p = \frac{300}{220 \cdot 0,92} = 1,48 \text{ А.}$$

Щит освещения (ЩО-2) литер «А2» (1 часть) определяется по формуле (4):

$$I_p = \frac{5600}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,92} = 9,25 \text{ А.}$$

Аварийное освещение склада - литер «А2» (1 часть) и аккумуляторная, рассчитывается по формуле (4):

$$I_p = \frac{1080}{220 \cdot 0,92} = 5,33 \text{ А.}$$

Согласно таблице 7 выбираются сечения кабелей [9].

Таблица 7 - Активные и индуктивные сопротивления проводов

Сечение мм ²	Сопротивление, мОм/м			
	Активное		Индуктивное	
	Алюминий	Медь	Провода, открыто проложенные	Провода в трубах или кабели
1,5	22,2	13,35	--	0,11
2,5	13,3	8,0	--	0,09
4	8,35	5,0	0,33	0,10
6	5,55	3,33	0,32	0,09
10	3,33	2,0	0,31	0,07
16	2,08	1,25	0,29	0,07
25	1,33	0,80	0,27	0,07
35	0,95	0,57	0,26	0,06

По формуле (6) рассчитывается падение напряжения для выбранных кабелей, соответствующего сечения. Для склада - литер «А2» (1 часть), центральный пролет и левая сторона:

$$\Delta U = \left(\frac{10^5}{220^2_{\text{НОМ}}}\right) \cdot 2,6 \cdot 0,254 \cdot ((13,35+0,11 \cdot 0,43) \cdot 10^{-3}) \cdot 100=1,82\%.$$

Полученное падение напряжение составляет менее 5%, следовательно, кабель выбран верно. Склад - литер «А2» (1 часть), правая сторона:

$$\Delta U = \left(\frac{10^5}{220^2_{\text{НОМ}}}\right) \cdot 2,7 \cdot 0,158 \cdot ((13,35+0,11 \cdot 0,43) \cdot 10^{-3}) \cdot 100=1,18\%$$

Данное падение напряжение также удовлетворяет условию. Аккумуляторная - литер «А2» (1 часть):

$$\Delta U = \left(\frac{10^5}{220^2_{\text{НОМ}}}\right) \cdot 0,3 \cdot 0,50 \cdot (13,35+0,11 \cdot 0,43) \cdot 10^{-3} \cdot 100=0,41\%$$

Данное падение напряжение также удовлетворяет условию. Щит освещения ЩО-2 литер «А2» (1 часть):

$$\Delta U = \left(\frac{10^5}{220^2_{\text{НОМ}}}\right) \cdot 5,6 \cdot 0,10 \cdot (8,0+0,09 \cdot 0,43) \cdot 10^{-3} \cdot 100=0,93\%$$

Данное падение напряжение также удовлетворяет условию. Аварийное освещение склада - литер «А2» (1 часть) и аккумуляторная:

$$\Delta U = \left(\frac{10^5}{220^2_{\text{НОМ}}}\right) \cdot 1,08 \cdot 0,280 \cdot (13,35+0,11 \cdot 0,43) \cdot 10^{-3} \cdot 100=0,8\%$$

Данное падение напряжение также удовлетворяет условию.

2.4 Выбор аппаратов защиты

Автоматический выключатель подбирается исходя из условия (7) и расчетные данные заносится в таблицу 8.

$$I_{т.р} \geq 1,1 \cdot I_p \quad (7)$$

Сперва выбираются автоматические выключатели для защиты светильников складского помещения литер «А2» (1 часть). Для склада - литер «А2» (1 часть), центральный пролет и левая сторона, выбран выключатель - Eaton CLS6-B16 1P. Проверка по условию (7)

$$I_{т.р} = 1.1 \cdot 12,84 = 14,124$$

$$I_{т.р} \geq 14,124$$

Условие выполнено, автоматический выключатель подобран правильно. Склад Литер «А2» (1 часть), правая сторона. Выбран выключатель - Eaton CLS6-B16 1P. Аналогично проверяется по условию (7):

$$I_{т.р} = 1.1 \cdot 13,33 = 14,663$$

$$I_{т.р} \geq 14,663$$

Условие выполнено, автоматический выключатель подобран правильно. Аккумуляторная - литер «А2» (1 часть). Выбран выключатель - Eaton CLS6-B6 1P. Проверка по условию (7):

$$I_{т.р} = 1.1 \cdot 1,48 = 1,628$$

$$I_{т.р} \geq 1,628$$

Условие выполнено, автоматический выключатель подобран правильно. Ввод ЩО-2 литер «А2» (1 часть). Выбран выключатель - Eaton CLS6-C16 3P. Проверка по условию (7):

$$I_{т.р} = 1.1 \cdot 9,25 = 10,175$$

$$I_{т.р} \geq 10,175$$

Условие выполнено, автоматический выключатель подобран правильно. Результаты проверки выбранных автоматических выключателей сведены в таблицу 8.

Таблица 8 - Выбор автоматических выключателей

Помещение	P_n , кВт	I_p , А	$\cos \varphi$	Марка автомата	$I_{т.р.}$, А	Ид.к., А
1	2	3	4	5	6	7
Склад Литер А2(1 часть) Центральный пролет и левая сторона	2,6	12,84	0,92	Eaton CLS6-B16 1P	14,124	19
Склад Литер А2(1 часть) Правая сторона	2,7	13,33	0,92	Eaton CLS6-B16 1P	14,663	19
Аварийное освещение Склад Литер А2(1 часть) и Аккумуляторная	1,08	5,33	0,92	Eaton CLS6-B10 1P	5,86	19
Аккумуляторная Литер А2(1 часть)	0,3	1,48	0,92	Eaton CLS6-B6 1P	1,628	19
Ввод ЩО-2 Литер А2 (1 часть)	5,6	9,25	0,92	Eaton CLS6-C16 3P	10,175	25

Выводы по разделу 2. В ходе проведения реконструкции спроектирована схема освещения, рассчитано рабочее и аварийное освещение, подобраны соответствующие аппараты защиты и выбраны силовые кабели. Произведены проверки соответствия параметрам для выбранного оборудования и подсчитаны потери по ним. Подобраны светильники определенной марки и модели, по номинальной мощности и световому потоку исходя из формул и условий.

3 Разработка инструкции по монтажу электрощита.

3.1 Общее положение

Монтаж нового электрического щита необходим для обеспечения безопасности персонала предприятия и для улучшения качества потребляемой электроэнергии. Новые производственно-складские помещения вводятся в эксплуатацию с новыми электрическими щитами, в то время как на старых предприятиях все еще встречаются устаревшие электрические щиты. Щит позволяет организовать группы потребителей, защитить электрооборудование от короткого замыкания и нагрузок выше номинальной мощности [15]. Электрические измерительные приборы устанавливаются в электрических щитах, показанных на рисунке 4 [19]. Обязателен на вводе, прибор для измерения электрической энергии и автоматический выключатель. Измеритель электрической энергии монтирует электротехнический персонал, за которым закреплены данные обязанности [18,19]. Вводным автоматическим выключателем возможно, при необходимости, обесточить цех вручную, либо он срабатывает автоматически при срабатывании защиты. Если вводной автоматический выключатель установлен перед электрическим измерительным прибором, он обязательно будет опломбирован [19]. Роль автоматических выключателей сводится к защите цепей, то есть проводки и электроприборов. Каждый автоматический выключатель обслуживает группу потребителей, а для мощных устройств установлены отдельные автоматические выключатели. В защитном устройстве отключения используется дифференциальный трансформатор, сравнивающий баланс входящего и исходящего тока. Если он нарушается, что происходит при неконтролируемой утечке тока или когда человек попадает под напряжение, срабатывают его защитные функции [15]. Далее сеть с защитным отключающим устройством обесточивается, и человек не успевает ощутить прохождение электрического тока. Защитное отключение рассчитано на ток не выше 0,05 А [15].



Рисунок 4 – Внешний вид электрического щита

В дополнение к щитовому электрооборудованию предусмотрены соединительные гребенчатые шины. Подключение автоматического выключателя осуществляется в виде медной полосы на соединительной рейке, на которой соединяются входные контакты автоматических выключателей. Нулевой проводник соединен с нулевой шиной «N». Проводник заземления соединен с шиной заземления «PE» [4].

3.2 Сборка щита

Электрические щиты бывают разных категорий и назначений. Но установка всех категорий осуществляется по общим правилам.

Безопасность соблюдается во время монтажа и дальнейшего использования. Место для установки электрического щита обычно заранее проектируется. Щитовое оборудование обычно устанавливается в электрический щит с металлической оболочкой, который может быть защищен от огня изнутри так и снаружи щита. Лучше расположиться в нише, где шкаф не занимает ненужного пространства, ноги или какой-либо предмет не будет его задевать, также возможно размещение на стене. В помещениях цехов или складов, а также в серверных подобные щиты устанавливают на полу вдали от стен, где практически не ходят люди и присутствует хорошее охлаждение. Панель внутри электрического щита, на которой крепится оборудование, выполнена из металла или пластика. Эмалированные стальные панели особенно прочны и наиболее огнеупорны [12]. Они изготовлены из нержавеющей стали, медных и алюминиевых сплавов и не подвержены коррозии при повреждении краски. Существуют требования к защите электрических щитов. Щиты уличного типа, должны соответствовать классу IP54/65. Домашнего типа, обычно используется IP31 [18].

Первое, что нужно сделать, это создать пользовательскую схему сети. Таким образом, будут перечислены все оборудованные группы. Они должны включать защитные устройства, рассчитанные по нагрузке и время выключения для каждой группы. Если это щит внутреннего исполнения, в стене готовят под него отверстие. Для навесных щитов устанавливаются специальные крепежи. При условии использования заземляющего контура TN-C-S или расположения другого заземляющего контура вблизи щита проводится четырех или пятижильный кабель [7]. На рисунке 5 показан пример подключения приборов распределительного щита с множественными требованиями [7,11]. Когда распределены фазовые проводники электрического щита, каждая фаза будет распределена на отдельную нагрузку через однополюсные автоматические выключатели и дифференциальные выключатели. Например, если фаза «А» перегружена, произойдет падение напряжения.

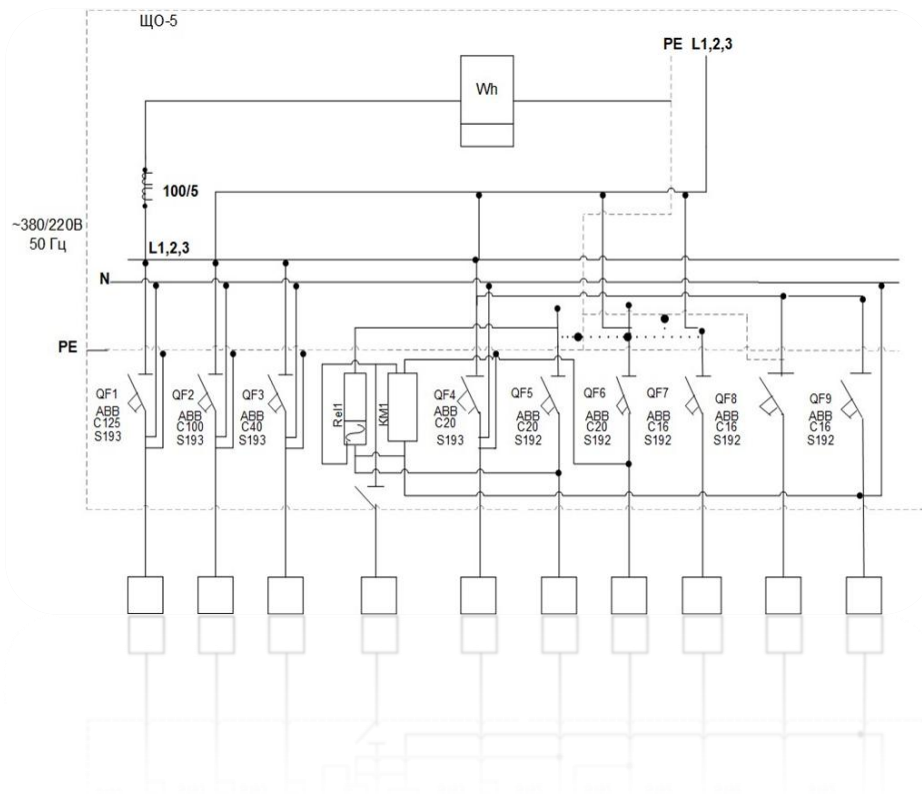


Рисунок 5 – Простое подключение приборов в электрощите

Чтобы избежать этого процесса, устанавливается реле контроля фаз и реле контроля напряжения. Для однофазной сети устанавливается реле напряжения.

В больших цехах достаточно часто подключается много различных потребителей энергии, поэтому приходится рассчитывать более сложные схемы подключения в электрощите. Подобное схемное решение изображено на рисунке 6.

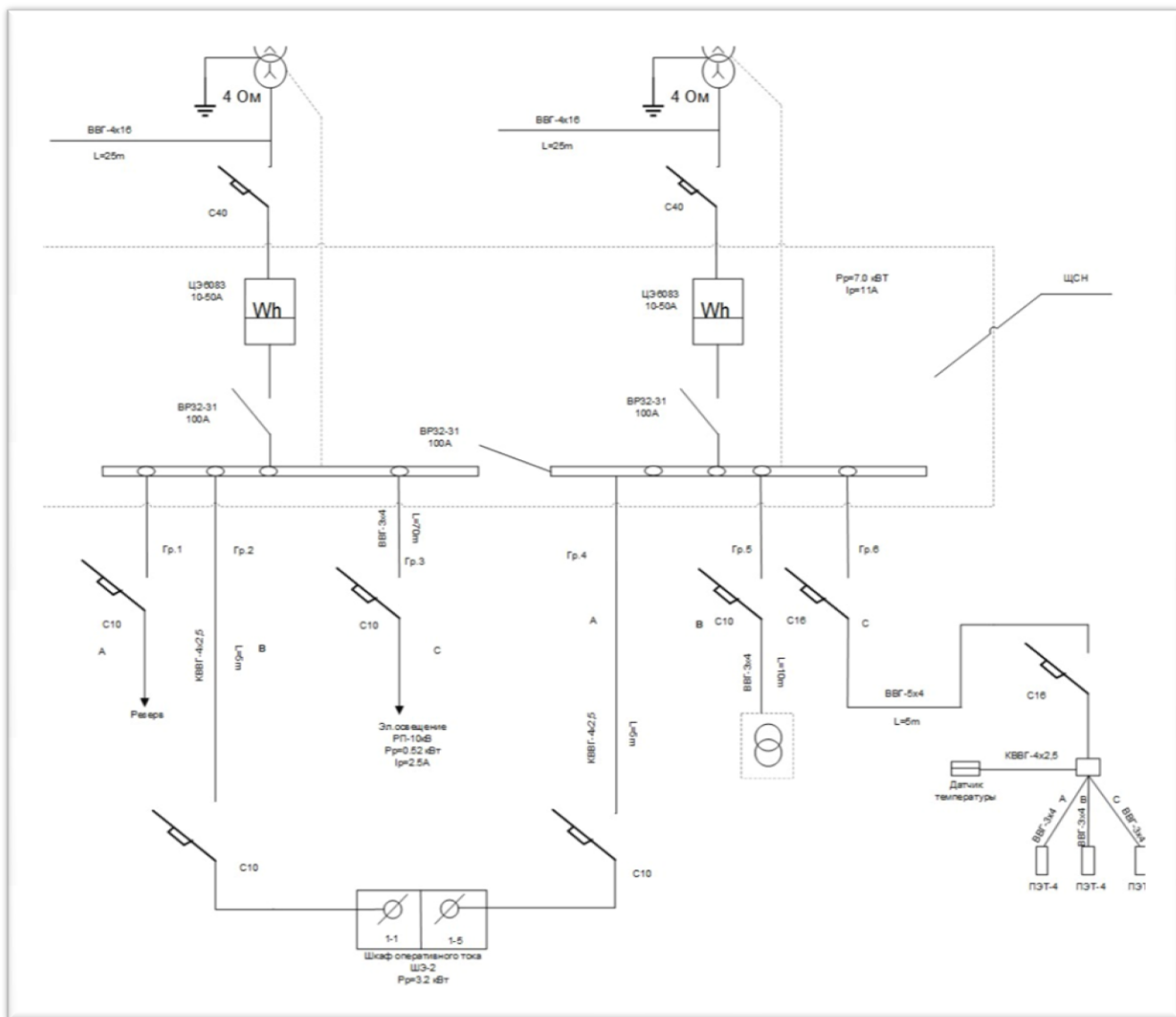


Рисунок 6 – Сложные схемы подключения в электрощите

Для маркирования электрического щита используют специальные бирки или изделия. На рисунке 7 используется маркирование проводников внутри электрощита. Используется маркировка, состоящая из букв и цифр в сопоставлении схемы электрического щита. Нулевую рабочую шину обозначают «N», нулевую защитную «PE». Нулевой рабочий проводник состоит из изоляции синего цвета, а нулевой защитный из изоляции желто-зеленого цвета. Шины фазных проводников обозначают «L1», «L2», «L3», либо цветом согласно той фазе, которая будет проходить по проводнику.

Согласно ПУЭ, п.1.1.30, при трехфазной системе электроснабжения шина фазы «А» обозначается желтым цветом, шина фазы «В» - зеленым цветом, шина фазы «С» - красным цветом. Аббревиатурой называют обычно «Ж.З.К.», т.е. желтый, зеленый, красный [18].



Рисунок 7 – Маркировка проводников в электрическом щите

Каждый электрический щит должен иметь однолинейную электрическую схему. Иногда делают упрощенную схему, указывающую название нагрузок отходящих линий. На однолинейной схеме должны отображаться все данные устройств аппаратов защиты линий и вводного устройства, указывающие номинальное значение автоматического выключателя. Марка, сечение, длина уходящих кабелей, потери в каждом кабеле. Мощность и ток нагрузки отдельно и весь электрический щит. Для электрического щита указывается установленная мощность и рабочая мощность. Однолинейная схема определяет коэффициент мощности, коэффициент спроса и степень защиты защитной оболочки. Электрический распределительный щит как ВРУ или

ГРЩ, должен иметь паспортную табличку с маркировкой на внешней стороне [13].

Чтобы предотвратить ослабление болтовых соединений, необходимо тщательно предвидеть все, включая вибрации и короткое замыкание. Используются контргайки, пружинные шайбы. При соединении проводов, не разрезая концы, невозможно предотвратить контакт с помощью форменных шайб, вытягивая контакт из контактного соединения автоматического выключателя. Прежде всего, это касается многожильных кабелей. Для подключения однопроволочной жилы с поперечным сечением 25 мм^2 и более используется опрессовка жилы наконечником, или сформировывается в плоскую часть, в которой делается отверстие для болта.

Многопроволочная жила с поперечным сечением 16 мм^2 и более всегда подключаются после опрессовки наконечником. Но также можно использовать наконечники на меньших поперечных сечениях, так как избежать их затягивания от контактного соединения крайне сложно. Нельзя соединять шины N и PE, если на подающем щите кабеле они разъединяются. Каждый щит должен иметь шину для подключения нулевых проводников. Надежность и долговечность любого электрического щита зависит от того, как подключаются соединительные контакты болтовых соединений главного устройства защиты с контактами отходящих линий устройств защиты.

В прошлом использовались шины большого сечения, они всегда были хорошими соединительными проводниками, но их габариты не всегда устраивали монтажные организации и обслуживающий персонал. В настоящее время такие шины используются только на щитах с большими нагрузками.

В распределительных щитах для этих целей используются специально установленные шины соединительные гребенчатые, показанные на рисунке 8, установленные на аппаратах защиты. Шина с соединительной гребенкой, как показано на рисунке 9, является самым надежным соединением автоматических выключателей.

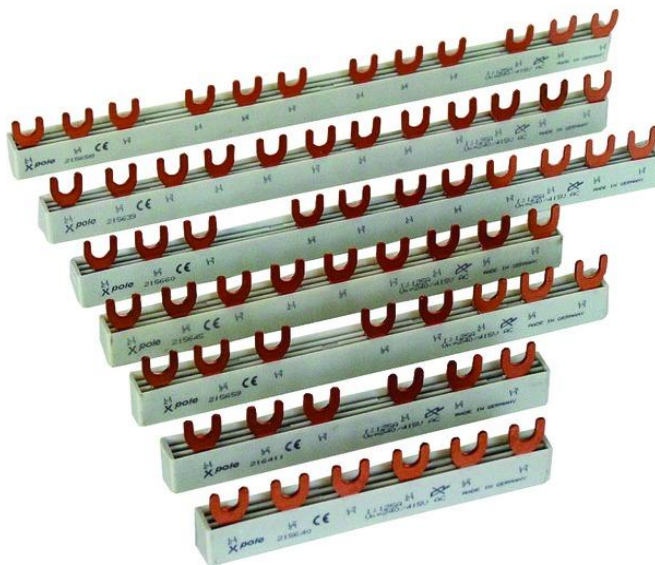


Рисунок 8 – Шина соединительная гребенчатая

Устройства защиты, и другое оборудование для электрического щита должно быть надежно закреплено. Иногда попадаются случаи монтажа, где аппараты защиты подвешиваются проволочным соединением.



Рисунок 9 – Ошиновка щита соединительной гребенчатой шиной

Кабели, уходящие от электрощита к потребителям, всегда должны иметь хороший контакт с аппаратами защиты. Когда заводится кабель в электрический щит, не должна нарушаться степень защиты его оболочки [7].

Чтобы в электрический щит не попала пыль и посторонние предметы, места прокладки электрических кабелей содержат уплотнительные резинки, которые находятся в пластиковом зажимном устройстве, изображенном на рисунке 10.



Рисунок 10 – Уплотнительный ввод для кабелей в щите

В каждый пластиковый зажимный ввод не рекомендуется подключать больше одного проводника к шинам «N» и «PE». Однако это правило часто обходится стороной из-за размеров щита и количества зажимов, сводя это к нарушению требования правил [18].

3.3 Пусконаладочные работы и эксплуатация электрощита

После завершения монтажа отключаются все устройства в щитке. Нагружаются все розетки. Подается напряжение, проверяется наличие на входе, правильность фазы и нуля. По одному кнопкой "Тест" проверяются устройства защитного отключения и дифференциальные автоматы. Проверяется напряжение на входе автоматов, включается по одному и проверяется выходное напряжение. Включаются мощные потребители, отслеживается состояние электрического щита: не должно наблюдаться искрения, дымления, нагрева. Проверяется розеточную сеть и сеть освещения.

Следует периодически осматривать щитовое электрическое оборудование. Обязательно через месяц открывается электрический щит и подтягиваются все контакты на автоматических выключателях. В дальнейшем ежемесячно проверяется работа устройств защитного отключения. Если монтаж выполнен с соблюдением рекомендаций специалистов, вдумчиво и без спешки, оборудование послужит долго и надежно.

Дальнейшая эксплуатация электрических щитов до 1000 В проводится персоналом которые имеют допуск не ниже третьей группы по электробезо-

пасности. Для защиты доступа от персонала, который не имеет права обслуживать электрические щиты, квалифицированный сотрудник запирает электрический щит на ключ или с помощью приспособления на щите, с автоматическим запорным механизмом. Согласно, правил устройств электроустановок, квалифицированный персонал, который закреплен за данной электроустановкой должен проходить обучение по электробезопасности каждый год для работодателя, повышения своих навыков и будущей эксплуатации электроустановки [18].

Вывод по разделу 3. По итогам третьего раздела внесли общие черты что такое монтаж щитового электрического оборудования. Правильная сборка внутри электрического щита, как устанавливаются приборы учета электроэнергии и по каких схемам, маркировка кабелей внутри щитового оборудования, по какому принципу ставить и соединять аппараты защиты между собой. Наладка и проверка в последующей эксплуатации электрического щита.

Заключение

В ходе выпускной квалификационной работы была выполнена реконструкция электроосвещения склада - литер «А2» (1 часть) складского комплекса ООО «Новик Актив».

Произведена разработка схемы электроснабжения освещения, сделано вычисление силовой сети, составлена инструкция монтажа электрического щита и щитового электрического оборудования, рассчитано рабочее и аварийное освещение.

Искусственное и естественное освещение применяется внутри складских и производственных помещениях. Помещения, где персонал находится постоянно всегда должно быть естественное освещение. Когда персонал работает круглые сутки используется искусственное освещение, особенно в темное время суток. Там, где нужно освещение для более требовательных работ персонала, применяют комбинированное освещение.

Освещение по строительными нормам и правилам обеспечивает порядок санитарных норм освещенности на рабочих местах, чтобы яркость и контрастность обеспечивала зрительный контакт, тень и блеклость помещений как можно меньше присутствовала, постоянного освещения по времени и правильная направленность светового потока. Освещенность на рабочих местах и в производственных помещениях должна контролироваться не реже одного раза в год. Освещенность измерялась объективным люксметром ЛЮМ-3. Он, измеряет с помощью миллиамперметра тока от фотоэлемента, на который падает световой поток. Отклонение стрелки миллиамперметра пропорционально освещенности фотоэлемента. Миллиамперметр проградуирован в люксах.

Фактическая освещенность в производственном помещении должна быть больше или равна нормируемой освещенности. При несоблюдении требований к освещению развивается утомление зрения, понижается общая работоспособность и производительность труда, возрастает количество брака и

опасность производственного травматизма. При плохом освещении помещения у человека может развиваться близорукость. При частом изменении освещенности способствует возникновение зрительного утомления.

Нормы освещенности рабочих мест регламентируются строительными нормами и правилами.

Установление нормы освещенности учитывает размер объекта различения, контрастность объекта с фоном и характер фона. На основании этих данных по таблицам строительных норм и правил, определяется норма освещенности [21].

В ходе выполнения реконструкции учтены все рассмотренные ранее нормы требований освещенности, разработана схема освещения цеха на базе современных светодиодных ламп, что понизило мощность силовой нагрузки в цепи и дало достаточную освещенность в помещениях цеха.

Список используемой литературы

1. Бондаренко Д.В. Электрическое освещение. М.: Изд-во ИрГТУ, 2000. 52 с.
2. ГОСТ Р 54350-2015 Электробезопасность. Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний.
3. Гуревич Ю.Е. Особенности электроснабжения. М.: Торус Пресс, 2015. 408 с.
4. Дубинский М. Е. Наладка устройств электроснабжения напряжением до 1000 В. М.: Солон-Пресс, 2011. 400 с.
5. Изюмов Е. И. Основы электротехники. М.: Радио и связь, 1983. 211с.
6. Каминский Т. В. Работа электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1986. 240 с.
7. Князевский Б.А. Электроснабжение промышленных предприятий. Москва: Высшая. школа, 1979. 115 с.
8. Козлов В.В. Справочник по проектированию систем электроснабжения городов. Санкт-Петербург: Энергия, 2013. 271 с.
9. Коробов У.М. Электроснабжение. Курсовое проектирование. Санкт-Петербург: Лань, 2020. 192 с.
10. Кудрин М.М. Электроснабжение потребителей и режимы: Учебное пособие. М.: МЭИ, 2013. 412 с.
11. Куско Б.Б. Сети электроснабжения. Методы и средства обеспечения качества энергии. М.: Додэка XXI, 2011. 336 с.
12. Межотраслевые правила по охране труда (технике безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ РМ-016-2001. Санкт-Петербург: ДЕАН, 2019. 117с.
13. Мииксер Т.В. Чтение схем электрооборудования. М.: Знак. 2004. 972с.

14. Миллер С. Р. Автоматизация в системах электроснабжения промышленных предприятий. М.: Государственное энергетическое издательство, 2012. 176 с.
15. Неклепаев В.В. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. М.: НЦ НАС, 2002. 152 с.
16. Полуянович У. В. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий. М.: Лань, 2020. 400 с.
17. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. М.: ИНФРА-М, 2018.
18. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд., переработано и дополнено. М.: Энергоатомиздат, 2021.
19. Правила учета электрической энергии. М.: АОЗТ «Энергосервис», 2020. 400 с.
20. Правила. Методики. Инструкции. Выпуск 18. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: «Энергосервис», 2016. 308 с.
21. СНиП 23-05-2010. Естественное и искусственное освещение. М., 2010.
22. Справочная книга по светотехнике. М.: Знак, 2020. 972 с.